

30062
5
24



UNIVERSIDAD LA SALLE

**Escuela de Química
Incorporada a la U.N.A.M.**

**"HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADA, ESTUDIO COMPARATIVO
ENTRE EL PROCESO TRADICIONAL Y EL PROCESO POR
EXTRUSION"**

Tesis Profesional

**Que para obtener el Título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P r e s e n t a n**

**ESTRADA ANDRADE OLGA CONCEPCION
HERRERO SANCHEZ MARIA DE LOURDES
LARA CHAVEZ ALEJANDRINA VERONICA**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
1. ANTECEDENTES	7
1.1 DESCRIPCION GENERAL	7
1.2 ORIGEN	9
1.3 CULTIVO DEL MAIZ	14
1.3.1 CULTIVO NO TECNIFICADO	14
1.3.2 CULTIVO TECNIFICADO	16
1.3.3 CONDICIONES OPTIMAS DE CRECIMIENTO	18
1.3.3.1 SUELO	18
1.3.3.2 CLIMA	20
1.4 VARIEDAD	21
1.5 COSECHA TRADICIONAL	23
1.5.1 POSTCOSECHA, CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO	24
1.5.2 EVALUACION DE CALIDAD.	37
1.5.3 NORMA DE CALIDAD.	40
1.6 CONTENIDO NUTRITIVO	51
1.7 INDUSTRIALIZACION	67
1.7.1 PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA	67
1.7.2 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LOS PRODUCTOS DE MAIZ MAS COMERCIALES	70
1.7.3 ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS	72
1.7.4 CONSERVACION DE NUTRIENTOS	75

	<u>Página</u>
1.7.5 CARACTERISTICAS REOLOGICAS	82
2. PROCESAMIENTO DEL MAIZ	89
2.1 TECNICAS DE COCCION DEL MAIZ EN MESOAMERICA	89
2.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS	89
2.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS PRODUCTOS DE MAIZ	92
2.1.3 EVOLUCION DE LAS TECNICAS DE COCCION	96
2.2 PROCESOS ACTUALES	99
2.2.1 PROCESO TRADICIONAL	99
2.2.1.1 MOLINOS DE NIXTAMAL	100
2.2.1.2 HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO	104
2.2.2 MODIFICACIONES AL PROCESO INDUSTRIAL	109
2.2.2.1 EXTRUSION	110
2.2.2.2 COCCION EN TAMBORES	115
2.3 PROCESO TRADICIONAL VERSUS PROCESOS MODIFICADOS	119
2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE PROCESO	119
2.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA SENSORIAL	127
2.3.3 COMPARACION ECONOMICA	130
2.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	130
3. BIBLIOGRAFIA	134
APENDICE	150

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
FIGURA 1. MUESTREO DE GRANOS	42
FIGURA 2. DIAGRAMA DE UN GRANO DE MAIZ	49
FIGURA 3. PROCESO TRADICIONAL DE NIXTAMALIZACION	105
FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA PRODUCTORA DE HARINA DE NIXTAMAL	108
FIGURA 5. ELEMENTOS DE UN EXTRUSOR	111
FIGURA 6. TORNILLO O GUSANO DE UN EXTRUSOR	113
FIGURA 7. COMPARACION ENTRE EL PROCESO TRADICIO- NAL DE NIXTAMALIZACION	116
FIGURA 8. COCCION EN TAMBORES	118

INDICE DE TABLAS

		<u>Página</u>
TABLA I.	UNA CLASIFICACION SENCILLA DE LOS CLIMAS, PARA FINES DE ALMACENAMIENTO.	31
TABLA II.	DISTRIBUCION DE PROTEINA EN EL GERMEN Y ENDOSPERMO DEL MAIZ NORMAL.	52
TABLA III.	AMINOACIDOS DEL GERMEN Y ENDOSPERMO DE MAIZ NORMAL.	53
TABLA IV.	AMINOACIDOS EN EL ENDOSPERMO DE MAIZ NOR- MAL Y MAIZ OPACO-2.	55
TABLA V.	INGESTA DIARIA DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN EL ADULTO NORMAL	56
TABLA VI.	ESTABILIDAD DE NUTRIMENTOS EN LA HARINA DE MAIZ A TEMPERATURA AMBIENTE.	74
TABLA VII.	NUTRIMENTOS DE DOS TIPOS DE MAIZ Y SUS PRO- DUCTOS.	76
TABLA VIII.	CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL MAIZ, TORTI- LLA, HARINA, COMPARADOS CON EL HUEVO Y EL PATRON DE LA FAO.	78
TABLA IX.	ANALISIS BROMATOLOGICO DE MATERIAS PRIMAS.	79
TABLA X.	CONTENIDO DE NUTRIMENTOS EN TORTILLAS CO- MERCIALES.	80
TABLA XI.	CONTENIDO DE NUTRIMENTOS DURANTE LA PREPARA- CION DE TORTILLAS.	81

	<u>Página</u>
TABLA XII. CARACTERISTICAS DEL GRANO DE MAIZ CRUDO Y NIXTAMALIZADO.	84
TABLA XIII. COMPOSICION DE LA HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO.	85
TABLA XIV. COMPOSICION DE LA HARINA DE MAIZ CRUDO.	86
TABLA XV. VARIETADES CRIOLLAS E HIBRIDAS DE MAIZ ESTUDIADAS.	88
TABLA XVI. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE LA COCCION.	128
TABLA XVII. VENTAJAS Y DESVENTAJAS CONSIDERANDO LA EVALUACION SENSORIAL.	129
TABLA XVIII. COMPARACION ECONOMICA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION DE HARINA PARA TORTILLA ESTUDIADOS.	130

R E S U M E N

En la presente tesis se tiene como finalidad, realizar un trabajo de evaluación de diferentes investigaciones aplicadas, encaminadas a mejorar desde el punto de vista tecnológico, el proceso de manufactura de la harina de maíz nixtamalizado. Con esta evaluación se establecerán criterios específicos sobre el desarrollo de tecnologías para mejorar la calidad organoléptica y el valor nutritivo de alimentos tradicionales consumidos en México, presentando en forma audiovisual los aspectos sobresalientes de la investigación realizada. El material audiovisual generado en este trabajo, puede ser empleado no sólo como apoyo didáctico en los niveles de enseñanza media superior y superior, sino como material de cultura general en diversos centros de enseñanza-aprendizaje (educación media, tecnológica y regional).

I. INTRODUCCION

Desde hace más de 3000 años, la historia del maíz y la del hombre se han desarrollado paralelamente, siendo el medio de vida esencial en Mesoamérica. La mayoría de las grandes civilizaciones indígenas en México han tenido y tienen tradiciones muy antiguas relacionadas al cultivo y cosecha del maíz. Un ejemplo muy palpable se encuentra en la celebración del maíz en la Sierra Tarahumara, región comprendida en la zona suroeste del Estado de Chihuahua, en donde alrededor de 180 habitantes del Rancho Otovichí, tienen como actividad principal el cultivo del maíz.

Una de las tradiciones que han heredado y conservado desde hace mucho tiempo es la fiesta del Colibrí, en la cual se agradece a Dios las buenas cosechas, al mismo tiempo que se propician las del año siguiente. En esta fiesta se confecciona una corona de dos grandes matas de maíz, y sobre una cruz se coloca el colibrí, el ave más bella y más apreciada de la región. La gente participa con hermosos vestidos, se hace rica comida y se beben el tradicional tesgüino (S.E.P., 1982).

El maíz representa en México más de la mitad del volumen total de alimentos que se consumen en el país ya que son aproximadamente 12 millones de toneladas las que se emplean para autoconsumo y comercialización para consumo humano (Betanzos, 1975).

Dado que sigue siendo el alimento más importante, sobre todo para los sectores de escasos recursos, ello ha dado origen a un desarrollo y perfeccionamiento de técnicas para cultivarlo y transformarlo.

En muchas regiones de México, el maíz es todavía considerado como un objeto sagrado, es decir, aunque para el pueblo mexicano sea el principal alimento o un simple producto para consumirlo o intercambiarlo, es además el centro de las actividades en la vida del campo. Puede decirse que es el hecho cultural más importante en la vida nacional.

El cultivo del maíz regula y ordena la vida de sus productores y también en diversos grados la de sus consumidores. A escala nacional el cultivo del maíz, que requiere de una base territorial extensa, regula el espacio rural y define su paisaje. A escala regional ordena las posibilidades de cambiarse con otros cultivos, dependiendo de las condiciones del clima y suelo. A escala local determina la distribución de los asentamientos de población.

El maíz no existe en forma silvestre en la naturaleza, es un producto del hombre, de su conocimiento y su trabajo. La domesticación del maíz se da en un principio en lo que es hoy territorio mexicano. A partir de aquí se extiende por América antes de la conquista europea y por el resto del mundo después del año de 1500.

En México, el trabajo inicial de coleccionar, identificar y sistematizar las razas del maíz, se debe a Wellhausen, Roberts y Hernández quienes, en colaboración con Mangelsdorf, logran identificar 32 razas (Wellhausen y colaboradores, 1951). En la actualidad ya se conocen 42 razas mexicanas (S.E.P., 1982).

Las nuevas variedades del maíz que se han desarrollado en México, permiten la existencia de maíces adaptados a casi todas las condiciones climatológicas del país, desde las costas del Golfo y del Pacífico hasta lugares que se encuentran a más de 3,000 metros sobre el nivel del mar. Con tierra fértil, nivelada e irrigada, buen drenaje, fertilización adecuada, etc., las variedades tradicionales del maíz mexicano (criollo) pueden producir buenas cosechas.

México tiene suficiente tierra para producir todo el maíz que necesita, pero una gran parte se destina a otros cultivos que son más rentables. Además, no todo el maíz cultivado es para consumo humano, sino que se usa como materia prima, que va aumentando debido a la diversificación de los derivados obtenidos del maíz, que abarca desde la producción de alimentos balanceados para dietas animales hasta la fabricación de papel, productos farmacéuticos, etc.

Hoy el maíz es el tercer cereal de importancia en el mundo y a fines del siglo probablemente represente la cosecha más grande (SARH, 1982).

El maíz es el producto agrícola más importante en México, pues además de generar más del 29% del valor de la producción agrícola nacional y de ocupar casi la mitad de la superficie de cultivo, proporciona ocupación para más del 30% de la población nacional económicamente activa.

La problemática en la fase de producción del maíz, se presenta agudamente en todo el país. En primer lugar se observa marginación de más de dos millones de familias campesinas dedicadas al cultivo y que, bajo el esquema actual, no tienen perspectivas de mejorar sus condiciones generales de vida. Por esta razón tienden a emigrar a zonas agrícolas de gran demanda de mano de obra o a centros urbanos en los que engrosan las filas de los desempleados o subempleados, o se alquilan como mano de obra no calificada.

En segundo lugar se tiene la insuficiencia de la producción nacional con respecto al consumo del cereal. Para la población mexicana, en constante aumento, el maíz es un producto básico e insustituible en la alimentación familiar, ya que no hay ningún producto alimenticio que se consuma más que el maíz ni que tenga la capacidad productiva para reemplazarlo. Además, el precio del maíz y las tortillas, debido a los subsidios gubernamentales, es varias veces menor que el de cualquier alimento. En este caso, los incrementos habidos en la producción no compensan el aumento demográfico, siendo difícil igualarlo con el consumo. Por ello, en el corto plazo,

se continuará dependiendo del exterior para completar los crecientes requerimientos nacionales que, para 1982, fueron estimados en más de 15 millones de toneladas.

Los campesinos se encuentran en una desventajosa relación de intercambio en el mercado y sólo a través del autoconsumo logran la subsistencia, por lo que de hecho intercambian directamente su trabajo por alimentos.

Con frecuencia se insiste en las deficiencias proteínicas del maíz, deduciendo con ello que es un alimento incompleto causante de la incapacidad de la población mexicana para alcanzar los niveles de bienestar y cultura de los países desarrollados. Se argumenta que en un mundo industrializado, el maíz es un cereal forrajero y que la población de esos países come carne y trigo, mientras que los mexicanos se alimentan con grano propio para animales.

Esto involucra cuestiones de valoración cultural, olvidando expresamente que el maíz no se consume sólo, sino que tradicionalmente el mexicano lo ha combinado con otros alimentos, para lograr una dieta nutritiva, es decir de mayor valor biológico, además de agradable y variada.

Se estima que en el mundo existen más de 800 productos

industrializados para consumo humano, obtenidos a partir del maíz de los cuales sólo una pequeña proporción se elaboran en México, a pesar de que el país es eminentemente productor de este grano. Esto se debe principalmente a que, a diferencia de los países desarrollados, la cultura alimentaria de nuestro pueblo está basada en el procesamiento casero de este cereal.

La mayor proporción del mismo (62.7%), se destina al consumo directo y no entra a los canales de comercialización e industrialización; sin embargo, la transformación industrial del grano también es relevante y, en términos generales, se puede clasificar en tres grupos:

- a) Tortillas, masa y harina nixtamalizada, productos que absorben la mayor proporción del maíz industrializado y prioritarios para la alimentación nacional.
- b) Derivados (almidones, féculas, levaduras, glucosa, dextrina, etc.), que principalmente se utilizan como insumos en la industria química, farmacéutica, papelería, cervecera y alimenticia, aunque también algunos se expenden directamente al público consumidor.
- c) Productos alimenticios sin un gran valor nutritivo pero con un alto costo, como son hojuelas (Corn Flakes) y las frituras de maíz.

1. ANTECEDENTES

1.1 DESCRIPCION GENERAL

El maíz no existe en forma silvestre en la naturaleza; la planta tiene sus semillas encerradas en una mazorca cubierta, por lo que no se reproduce si el hombre no la cuida.

La familia de las gramíneas a la cual pertenece el maíz, comprende varias miles de especies, agrupadas en unas 20 razas. Algunos botánicos dicen que el maíz pertenece a la variedad *Maydea*, que se divide en tres grandes grupos; a su vez, uno de estos comprende tres géneros: *Zea* (Maíz), *Euchidena* (teosintle) y *Tripsacum*, los cuales son originarios de América.

El maíz, *Zea mays*, es la única gramínea de importancia económica. Su característica sobresaliente es que tiene sus granos productores en dos partes diferentes de la planta y no en una sola flor. En cuanto a su conformación, las inflorescencias femeninas que al ser fecundadas por el polen forman las mazorcas, están envueltas en un conjunto de hojas de elote* (brácteas) que impiden que el grano se desprenda de la raquis (olote*).

El maíz es una planta herbácea (una especie de pasto), con raíz ramificada y un tallo central con nudo y entrenudos (cañuto). De cada nudo nace una hoja que envuelve parcialmente el entre

*Palabras de origen náhuatl (etimología en la pág. 133).

nudo continuando después en forma libre. En la parte final del tallo aparece la inflorescencia masculina o espiga, productora del polen. Las mazorcas generalmente una, en ocasiones dos y excepcionalmente tres, crecen a partir de dos nudos de la parte media del tallo; se presentan en las axilas de las hojas y están protegidas por numerosas espatas o brácteas (de 6 a 18) que reciben el nombre de totomoxtle* y holoche*, de color verde al ser tiernas y después amarillentas.

Cada flor, que constituirá un grano de maíz consta de un ovario y de un óvulo. El fruto es una cariòpside o fruto seco (grano de maíz) aplanado, convexo en la parte superior y con la base más o menos puntiaguda constituida por un pericarpio delgado o membranoso adherido íntimamente a los tegumentos de la única semilla.

De acuerdo con la raza, las mazorcas tienen de 8 a 16 hileras de granos y en cada una de ellas de 8 a 70 granos o semillas. Existen algunas mazorcas que llegan a tener mil o más granos, estos pueden ser de muy diferentes formas y colores. El color de los granos puede variar de blanco a rojo oscuro, morado o café; los pesos de estos varía de 150 a 600 mg con un promedio de 350 mg.

La estructura general del grano de maíz está constituida por una cubierta externa, la cual se encuentra formada por pericarpio

*Palabras de origen náhuatl (etimología en la pág. 133).

y aleurona. El pericarpio o testa es la cascarilla externa, constituida por celulosa y que sirve de protección a las partes internas. La aleurona es una capa próxima a la cascarilla que es rica en proteínas.

El germen formado por radícula, talluelo y embrión es el que contiene casi todas las proteínas que están presentes en el grano de maíz; además contiene lípidos y minerales.

El endospermo es la porción amilácea del grano, representa aproximadamente el 82% del mismo, el germen del 10 al 13% y el pericarpio el 5.5%. Estos porcentajes son variables, ya que la composición del grano depende de muchos factores como son: la tierra, la semilla, el clima, la altitud, la humedad, etc.

1.2 ORIGEN

El origen de este cereal es un problema aún debatido, pero existe un aspecto cierto, que el maíz es una planta cultivada en nuestro país desde hace más de 5,000 años y supera a cualquier otro cereal en la riqueza de sus razas y variedades (Wellhausen y colaboradores, 1951).

Después de un estudio profundo acerca del origen del maíz, se han encontrado cuatro factores básicos implicados en la diversi-

dad de los maíces de México:

- 1) Las razas primitivas, existentes en México como variedades actualmente vivas.
- 2) Variedades exóticas de países del Sur, las cuales influyeron dentro de la historia del cultivo del maíz en México.
- 3) La cruce del teocintle en forma natural con el maíz, que introdujo nuevas características y variaciones a los maíces tanto de México como de Guatemala.
- 4) La geografía de México, que favorece la rápida diferenciación, pues tiene varios factores aislantes como son: suelo, clima, humedad y temperatura.

Investigaciones botánicas plantean la hipótesis de que el maíz tuvo su origen en México y algunas de ellas dan por hecho que el teocintle es el congénere más cercano del maíz y su supuesto progenitor (Anderson, 1946; Chávez, 1973; Katz y colaboradores, 1974; Kulshov, 1930; López y Parra, 1908).

En la actualidad, esta posibilidad de que el teocintle sea el progenitor del maíz queda casi descartada como resultado de los datos obtenidos sobre el maíz prehistórico descubierto en el Estado de Nuevo México, en una cueva abandonada, conocida con el nombre de Bat Cave, que se encuentra en los márgenes del lecho

de un antiguo lago disecado donde se encontraron recientemente restos culturales que, en forma conservadora y de acuerdo con pruebas geológicas, se calcula datan de unos 2,000 años antes de la Era Cristiana. Se hallaron en estos escombros, olotes* de maíz prehistórico, que no solamente revelan la naturaleza del maíz primitivo, sino que proporcionan, por primera vez, evidencia directa de una secuencia evolutiva. El maíz que se encontró en Bat Cave tenía mazorcas pequeñas y delgadas, no cubiertas completamente por el totomoxtle* u holoche* y era un maíz tunicado y reventador. Puesto que el maíz difícilmente podría haber existido como planta silvestre en la región en que se encuentra Bat Cave, se supone que debió introducirse ahí como planta cultivada desde alguna otra parte, probablemente de México.

Las razas actuales de maíz en México, son producto de 4,000 años o más de evolución bajo cultivo, por lo que el maíz prehistórico de Bat Cave en Nuevo México, no solamente prueba que el maíz primitivo era un maíz tunicado, sino que prueba también que el maíz no se originó del teocintle.

El teocintle, de acuerdo a la hipótesis de Mangelsdorf y Reeves (1939), es un híbrido de *tripsacum*. No existe duda alguna de que en México hay un intercambio constante y recíproco de plasma germinal entre el maíz y el teocintle. Esto se observa fácilmente en los campos de maíz y varias partes de nuestro país

*Palabras de origen náhuatl (etimología en la pág. 133).

y se demuestra especialmente en la región de Chalco, México.

En esta región el teocintle crece abundantemente como planta espontánea en los sembradíos de maíz. Sus periodos de floración son simultáneos, presentando constantemente cruzamientos naturales entre las dos especies. Como consecuencia, el teocintle de la región de Chalco, ha adquirido características distintivas del maíz de la región y el maíz de la región por su parte, ha adquirido propiedades del teocintle, especialmente en el endurecimiento del raquis y las glumas.

Al examinar los datos revelados por la secuencia evolutiva del maíz de Bat Cave en combinación con las variedades del maíz de México, se puede observar cómo se han originado las razas de este cereal. Los factores que influyeron en la evolución inicial del maíz fueron: el grado relativamente alto de mutilaciones y la selección natural, como consecuencia de la intervención del hombre.

Puesto que las mazorcas y granos del maíz primitivo original eran bastante pequeños, ha existido una tendencia evolutiva respecto al tamaño, aumento de variación y mayor productividad, como resultado de la hibridación. Algunas de las distintas razas que evolucionaron en diferentes regiones de América, fueron puestas en contacto, tarde o temprano, a través de las peregrina-

ciones del hombre dando como resultado el vigor híbrido. Bajo cultivo, el maíz es una planta que se mejora por sí misma.

Variedades y razas distintas y más o menos homogéneas, evolucionan en diferentes regiones aisladas. El hombre trae estas variedades o razas al mismo lugar, bajo condiciones en que son inevitables los cruzamientos naturales y en esta forma se origina una nueva raza híbrida. Ciclos repetidos de esta serie de eventos dan lugar al desarrollo de razas más productivas aún sin la selección directa y consciente del hombre.

En los últimos años, debido en parte a la acumulación de conocimientos sobre genética y citología del maíz, y en parte al surgimiento de nuevas hipótesis respecto a su origen y congéneres; se ha revivido el interés por su clasificación. Se opina que una clasificación natural y válida sólo se puede hacer mediante el análisis e integración de los datos no solamente de las características de las mazorcas, de la espiga y de la planta, sino también de las características genéticas, fisiológicas y agronómicas, dando atención especial a la distribución geográfica de las razas. Es probable que no exista una raza "pura" de maíz en el sentido de que todos los individuos que componen dicha raza sean homocigotos para todos o la mayoría de sus genes.

Anderson y Cutler (1942) han definido el término "raza" con referencia al maíz como: "Un producto de individuos emparentados con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo". Quizá la mayoría de las variedades recolectadas sean mezclas de dos o más razas, sin embargo, una vez conocidas a las razas principales, se pueden distinguir los diferentes elementos raciales que han intervenido en cualquier mezcla específica.

Después de haber expuesto una serie de planteamientos acerca del origen del maíz se puede decir que se inició como planta silvestre y es indudable que esta planta ha tenido una larga historia en México. Existen pruebas de estos en la escultura y cerámica prehistórica, en los antiguos códices, en impresiones de mazorcas de maíz en la lava antigua, en reliquias de maíz prehistórico y en la evidencia circunstancial del maíz antiguo de otras regiones.

1.3 CULTIVO DEL MAÍZ.

1.3.1 CULTIVO NO TECNIFICADO.

La gran diversidad climática y ecológica que hay entre las distintas regiones del país ha dado origen a técnicas de cul-

tivo específicas y diferentes, adaptadas a cada región. A pesar de la gran diversidad de técnicas concretas, es posible agruparlas en dos sistemas: sistema de roza y sistema de roturación.

La decisión de aplicar una u otra técnica depende de la extensión de la tierra a cultivar, de las características del suelo (profundidad, pendiente, pedregosidad, humedad, etc.), del carácter privado o colectivo del terreno y de la capacidad económica y financiera del agricultor.

El primer sistema, la técnica de la roza, consiste en cortar y quemar la maleza para después realizar la mayoría de las labores del cultivo con un instrumento llamado coa. La coa es una vara larga, de hasta dos metros, una de cuyas puntas ha sido afilada y por lo común endurecida con fuego. El sistema se aplica principalmente en terrenos rocosos y de pendientes pronunciadas. Generalmente se efectúa en tierras de propiedad comunal porque exige una gran cantidad de tiempo y de trabajo, pero muy poco dinero.

El segundo sistema fue introducido por los españoles y se basa en el empleo de animales de tiro y arados. Se aplica en tierras que tienen poca inclinación, poco rocosas y escasas en árboles. En general se realiza en tierras de propiedad privada y exige menos tiempo y menos mano de obra, pero más capital.

En el cultivo con coa los rendimientos son mayores en términos de área cultivada y semilla sembrada, pero la productividad del trabajo es menor. La roza está más relacionada con la producción para el autoconsumo, mientras que el cultivo con arado se hace, en general, con propósitos mercantiles.

1.3.2 CULTIVO TECNIFICADO

En los países desarrollados, como los E.E.U.U., que es el primer productor de maíz del mundo, las técnicas de cultivo se basan en la utilización de mecanismos que ahorran trabajo. Los agricultores norteamericanos han sido los más científicos y progresistas.

La invención de máquinas como el tractor que ara, empuja el suelo, cosecha o trilla, supera en muchos sentidos a los métodos rudimentarios de cultivo; no sólo es más rápido el trabajo, sino que, además, se puede usar durante las 24 horas del día y en cualquier tiempo.

Un arado rotativo arrastrado por un tractor puede remover el suelo de más de 20 hectáreas en un sólo día, es decir, más de lo que puede hacer una buena yunta en dos semanas.

Cuando las plantas crecen, se usa en la máquina dientes de distintos tamaños y formas, porque la cultivadora dispone de un amplio surtido de accesorios intercambiables según las diferentes labores que se realicen. Con una de estas máquinas, un solo hombre puede cultivar muchas hectáreas de maíz en un día; alrededor de nueve veces más que con los modelos antiguos.

En los últimos años se produjo una revolución en el cultivo del maíz, ya que se ha utilizado un método para cruzar varias especies deseables, con el fin de obtener una variedad de altura uniforme y hacer crecer sus espigas al mismo nivel. Este maíz se puede arrancar y descascarar a máquina, lo que implica una gran economía. Por otro lado, el maíz obtenido por cruzamiento rinde por hectárea mucho más que el maíz común lo que significa más dinero para el agricultor. Además, este maíz es más resistente a las plagas y a las inclemencias del tiempo.

El grano necesita de un alto nivel de fertilidad para producir una buena cosecha, lo que depende de la correcta cantidad de fertilizante agregado al suelo, de las cosechas anteriores, de la temperatura y de la humedad del suelo. Se puede afirmar que mejores prácticas de fertilización posibilitan mejores siembras y que el uso de mejores herbicidas, en gran parte o en su mayoría, eliminan el trabajo de combatir la maleza entre los surcos.

Los fertilizantes pueden agregarse al suelo durante la arada o ser distribuidos al vuelo; también se aplican al costado y sobre la semilla durante la siembra.

Un lecho bien labrado y firme es importante ya que conserva la humedad cerca de la superficie de tal manera que el grano puede sembrarse en esa zona. La siembra superficial permite una mejor germinación, además de proporcionar un mejor sostén a la planta.

1.3.3 CONDICIONES OPTIMAS DE CRECIMIENTO

1.3.3.1 SUELO

El maíz es una de las semillas que son más estimadas en el mundo por muchas razones. Una de ellas es su versatilidad para cultivarse, ya que se adapta tanto en tierra fría, caliente, seca, húmeda, en montes, en llanos, en invierno y verano y cultivarse por métodos de riego y temporal. Otra razón es la abundancia con que se produce. Además, la planta se aprovecha en forma integral en piensos animales.

Sí el terreno se prepara adecuadamente, el maíz se adapta a él, cualquiera que sea su naturaleza, pero su rendimiento es mayor en los terrenos profundos y frescos. Las tierras de poco

fondo o demasiado sueltas en zonas cálidas no son adecuadas porque se secan demasiado en verano y los terrenos arcillosos en zonas frías se endurecen, dificultando las labores.

Una buena preparación del terreno ayuda a lograr que éste capte y conserve mejor la humedad, facilite una buena germinación de las semillas, un buen desarrollo de las raíces y un mayor control de las plagas del suelo.

La fertilización es una de las labores más importantes en el cultivo del maíz. La mayoría de los suelos del valle de México están empobrecidos debido a que por muchos años se ha cultivado sin abono o con aplicaciones de cantidades muy pequeñas, ocasionando un mal desarrollo de las plantas y, por lo tanto, una baja producción.

El maíz es planta que requiere nitrógeno y potasio. Como su vegetación es rápida y activa desde un principio, es necesario que al comenzar su vida, encuentre en el suelo los elementos nutritivos en estado inmediatamente asimilable. Presenta sobre los otros cereales la gran ventaja de no sufrir por el exceso de abonos nitrogenados, siendo por ello, conveniente proporcionarle grandes cantidades de fertilizantes. Los abonos orgánicos, sobre todo el estiércol, que se emplean en muchos países, constituyen la

base de la fertilización del maíz. También son eficientes los abonos minerales que deben complementar el abono orgánico.

1.3.3.2 CLIMA

La gran diversidad en tipos, razas y nuevas variedades de maíz que actualmente hay en México, permite que haya maíces adaptados a prácticamente todas las condiciones climatológicas que se puedan presentar.

Se puede encontrar maíz cultivado desde las costas del Golfo y del Pacífico hasta más de 3000 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias mensuales, durante su ciclo vegetativo, de 28°C en las zonas más cálidas, hasta 12°C o menos, en las más frías.

Se puede decir que, al parecer, el único inconveniente del maíz para ampliar su distribución es la susceptibilidad de la planta a las heladas, lo que obliga a introducir variedades precoces en los sitios donde aquéllas se presentan.

El maíz en México se siembra en su mayor parte en zonas de temporal porque, aunque es posible obtener cosechas en zonas tan áridas como la altiplanicie de San Luis Potosí, el rendimiento

es tan bajo que ni siquiera sirve para autoconsumo.

Las necesidades de agua del cultivo, en condiciones óptimas son de 800 a 1200 mm durante su ciclo vegetativo.

En México, la precipitación promedio anual en los últimos diez años ha sido de 700 mm (ONU, 1977) lo que explica las reducciones en rendimiento por hectárea en los últimos años.

1.4 VARIEDAD

De acuerdo con sus derivaciones, las razas de maíz pueden dividirse en cuatro grupos principales en la siguiente forma (Wellhausen y colaboradores, 1951):

- A. Indígenas Antiguas
- B. Exóticas Precolombianas
- C. Mestizas Prehistóricas
- D. Modernas Incipientes

A. Indígenas Antiguas:

Son aquéllas que se cree se originaron en México a partir del maíz primitivo tunicado. Se conocen actualmente cinco de estas razas: Palomero, Toluqueño, Arrocillo Amarillo, Chapalote y

Nal-Tel. Todos estos son maíces reventadores o palomeros.

B. Exóticas Precolombianas:

Se cree que fueron introducidas en México de Centro o Sudamérica durante épocas prehistóricas. Se conocen cuatro de éstas: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón y Maíz Dulce.

C. Mestizas Prehistóricas:

Están constituidas por razas que se cree se originaron por medio de hibridaciones entre las razas Indígenas Antiguas y las razas Exóticas Precolombianas y por medio de la hibridación de ambas con un nuevo elemento, el teocintle.

Hasta ahora sólo se reconocen trece razas de este tipo: Cónico, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepacintle, Comiteco, Jala, Zapalote Chico, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo, Tuxpeño y Vandeño.

D. Modernas Incipientes:

Son aquéllas que se desarrollan desde la época de la conquista, muchas de las cuales no han alcanzado aún la condición uniforme racial. Quedan incluidas en este grupo cuatro razas: Chalqueño, Celaya Cónico, Norteño y Bolita.

d) Maíz Dulce.

Es de apreciable importancia económica ya que casi todo el maíz enlatado es dulce. Los azúcares se encuentran como polímeros de glucosa de bajo peso molecular. La cantidad de almidón es menor en esta variedad.

e) Maíz Palomero.

Los granos son pequeños y redondos con un mínimo de endospermo harinoso. Al tostarlo, revienta, obteniéndose las "palomitas" de maíz.

f) Maíz Céreo.

El nombre es debido a su textura, ya que presenta grandes cantidades de amilopectina. Su importancia económica es cada vez mayor debido a los usos que en los alimentos y en la industria se le ha encontrado al almidón céreo.

1.5 COSECHA TRADICIONAL

Se efectúa cuando las mazorcas están maduras, lo que se conoce por el color blanco de las hojas y amarillo de los tallos, las brácteas se abren más o menos y además los granos resisten a la presión de la uña. Esto ocurre en época diversa según el cli-

ma, la variedad, la fecha de siembra, etc. La recolección debe estar terminada antes de las primeras heladas. Comprobada la maduración de los granos, se entra en el campo y se van arrancando las mazorcas, que se reúnen en montes. Por la tarde, al cesar el trabajo y lo más pronto posible, para evitar toda fermentación, se procede al desperfollado, es decir, a la separación de las brácteas que envuelven las mazorcas. Esta operación se hace de dos maneras: arrancando todas las brácteas que se colocan hacia atrás y sirven para atar tres o cuatro mazorcas formando un manojo. Las mazorcas desperfolladas se cuelgan a secar en graneros, cobertizos, etc.

1.5.1 POSTCOSECHA, CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO

El almacenamiento y mercadeo de cereales alimenticios, cuando se realice en forma eficaz, podran contribuir a resolver parte de los problemas de hambre en el mundo.

Entre la recolección de los cereales y el consumo por el hombre o por los animales domésticos de los granos, grandes cantidades son devoradas por las plagas, sobre todo por insectos y roedores. Asimismo, resulta perjudicada la calidad (esto es, el valor nutritivo, el valor comercial o ambos), cuando estas plagas y ciertos microorganismos (hongos y bacterias) consiguen

desarrollarse en el producto. La calidad también se afecta cuando los nutrimentos son destruidos por el acondicionamiento o procesamiento del grano.

En primer lugar, hay que preservar lo que se ha cultivado y cosechado para los seres humanos, defendiéndolo contra las plagas y mejorando los métodos para retener el valor nutritivo natural del producto. Los granos después de que han alcanzado su madurez en la planta y antes de ser almacenados, son sometidos a algunas operaciones con el objeto de lograr al máximo la conservación de su calidad. Estas operaciones van desde el secado en plantas instaladas donde se producen, hasta tratamientos más complejos.

En algunos lugares del país constituye un problema el hecho de preparar los granos en una forma adecuada, pero simplemente por los beneficios que los productores podrían obtener al vender sus cosechas y por las ventajas que se tendrían al recibirlos adecuadamente, estas operaciones resultan provechosas e indispensables para facilitar el manejo del grano. A continuación se describen algunas de ellas, tales como el secado, la aeración, etc.

A. SECADO

El secado, es dentro de las operaciones a las cuales son sometidos los granos, si no la más importante, sí una de las más relevantes en la conservación de estos, ya que teniendo un menor contenido de humedad durante el almacenamiento se puede prevenir la germinación y el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros.

El aire necesario para el secado de los granos puede circular en forma natural o bien con motoventiladores, de aquí la clasificación del secado en natural o artificial.

Secado Natural.

Utiliza una combinación de aire y sol, se lleva a cabo extendiendo y recolectando el grano en patios. Deben cuidarse los siguientes aspectos: Evitar el sobre-secado y el movimiento excesivo, ya que éste ocasiona por un lado el rompimiento y daño del grano y por otro el incremento de polvo y basura que aumentaría las propiedades de deterioro en el almacén.

Secado Artificial.

El equipo que se utiliza para el secado artificial consta de: motoventiladores con su sistema de operación, quemadores

o resistencias y una serie de galerías o recipientes a través de los cuales pasa el grano. El secado se lleva a cabo cuando el quemador empieza a calentar el aire hecho circular por el motor-ventilador. El aire seco y caliente pasa a través de la masa del grano húmedo que se encuentra contenido en las galerías o recipientes, secándolo. Para llevar a cabo esta operación se deben tener las siguientes precauciones: Regular la temperatura a niveles de secado seguro para cada grano en especial y no contaminar el grano con los productos provenientes del uso de combustibles.

B. AERACION.

La aeración o movimiento del aire a través del grano se hace con el fin de evitar o abatir los calentamientos provocados por la actividad enzimática del mismo grano, o por la presencia de hongos o insectos. Esta es una práctica generalmente aceptada para mantener la calidad del grano almacenado.

La aeración se utiliza para: enfriar el grano previniendo o reduciendo al máximo el crecimiento de hongos y la actividad de insectos, igualar la temperatura de la masa de grano para prevenir el movimiento de humedad (migración), eliminar olores objetables al grano, aplicar fumigante al grano almacenado, y almacenar grano húmedo por períodos breves.

C. MIGRACION

El movimiento de humedad del grano caliente hacia el grano más frío dentro del almacén se conoce como el fenómeno de migración. Durante la época fría del año, el grano colocado cerca de los muros de la bodega y en la superficie se enfría más rápido que el del centro del silo. Esta diferencia de temperaturas hace que se formen corrientes de convección del aire caliente en la masa del grano, las cuales suben o se desplazan hacia las partes más frías del grano, llevando la humedad que éste contiene. Esta acumulación de humedad puede ser suficiente para incrementar el desarrollo de hongos e insectos con la consecuente descomposición del grano.

Durante la época cálida del año, el grano de la parte media del silo está más frío que el de la superficie o que el de los muros, suscitándose el caso inverso. La migración de humedad no se presenta en la masa del grano cuando las temperaturas son uniformes. Esto se logra al hacer funcionar el sistema de aeración.

D. ROTACION

El traslado de granos de un silo a otro es uno de los métodos más antiguos que se practican con el propósito de disminuir

el deterioro, suponiendo que con esta operación se combate la infestación por insectos y se guarda el grano en mejor estado. Esta operación consiste en trasladar el grano cuando comienza a calentarse, manteniendo de esta forma la temperatura baja, ya que si se deja en el mismo lugar podría elevarse la temperatura de la masa del grano favoreciendo el desarrollo de los insectos.

Joffe y Clarke (1963) reporta que, para condiciones climáticas específicas, cambiando de sitio el maíz 13 veces en un período de 8 meses y medio, es posible conservar el grano relativamente frío y en buen estado reduciendo considerablemente el número de insectos. El grano se traslada mediante varios sistemas transportadores para acumularse en capas delgadas. Durante esta operación pueden aplicársele ciertos procedimientos de muestreo automático con el propósito de comprobar la calidad o acoplar al sistema un aparato que registre automáticamente la humedad.

El estado de los alimentos almacenados está regido, las más de las veces, por el microclima que impera en almacenes, bodegas de buques, vagones de ferrocarril y, en cualquier estructura dentro de la que se almacenen alimentos.

A continuación se exponen brevemente algunos de los factores climáticos que afectan a la tecnología de almacenamiento, entre ellos la relación de condiciones climáticas y microclimas

de los almacenes.

La Tabla 1 presenta una clasificación muy simple de los climas, basada en la temperatura y la precipitación acuosa.

TABLA 1. UNA CLASIFICACION SENCILLA DE LOS CLIMAS, PARA FINES DE ALMACENAMIENTO.

ZONA DE TEMPERATURA	REGIMEN DE PRECIPITACION		
	<u>Baja</u>	<u>De temporada</u>	<u>Alta</u>
	Condiciones de sequedad más o menos constante. Precipitación anual: de 0 a 500 mm.	Marcadas lluvias estivales y sequía invernal en las zonas tórridas (sabana). Lluvias de invierno en las zonas cálidas con clima mediterráneo. Lluvia en primavera o verano en las estepas colindantes con climas cálidos secos. Precipitación anual de 500 a 1,500 mm.	Precipitación uniformemente alta en la mayoría de los meses del año, o alta precipitación con uno o dos máximos pronunciados en las zonas tórridas. Precipitación anual de 1,000 a 10,000 mm.
<u>Zona Tórrida</u> La temperatura media del mes más fresco no es inferior a 18°C	<u>Tórrida Seca</u> Khartum, Sudán	<u>Tórrida de Temporada</u> Bamako, Malí	<u>Tórrida Húmeda</u> Libreville, Gabón
<u>Zona Cálida</u> La temperatura media durante el mes más fresco no es inferior a 6°C.	<u>Cálida Seca</u> Bagdad, Irak	<u>Cálida de Temporada</u> Argel, Argelia	<u>Cálida Húmeda</u> (Quito, Ecuador; clima de altiplano)
<u>Zona Fresca</u> Durante 1 a 5 meses del año, la temperatura media mensual queda por debajo de 6°C.	<u>Fresca Seca</u> (La Paz, Bolivia; clima de Altiplano)	<u>Fresca de Temporada</u> Seúl, Corea	<u>Fresca Húmeda</u> Ninguno de los países que reciben ayuda en alimentos dentro del Programa Mundial de Alimentos tiene un clima de esta clase.
Climas de Altiplano	La temperatura y la precipitación dependen de la situación geográfica, la altitud y la topografía local. Quito, Ecuador; Kampala, Uganda; Kabul, Afganistán; Ankara, Turquía; La Paz, Bolivia		

FUENTE: (Jamieson y Jobber, 1974).

Desde el punto de vista del almacenamiento, un clima fresco seco es casi ideal.

Clima Tórrido Seco.

La intensa luz solar durante el día puede hacer que los edificios de almacenamiento se calienten mucho.

Clima Tórrido de Temporada.

El clima es tal que las condiciones tórridas y secas alternan con condiciones tórridas y húmedas.

Clima Tórrido Húmedo.

Este tipo de clima da origen al grado más alto de actividad biológica en las materias alimenticias almacenadas y lleva especialmente a deterioros de todas clases.

Clima Cálido Seco.

En este clima la insolación es intensa, el cielo raramente está nublado y, por la noche, hay una considerable irradiación del calor del suelo.

Clima Cálido de Temporada.

Aunque este clima es uniforme, no es desfavorable al

desarrollo de muchas plagas de insectos de los productos almacenados.

Clima Cálido Húmedo.

Muy contados países a los que se envía ayuda de alimentos tienen, al nivel del mar, un clima de este tipo.

Clima Fresco de Temporada.

Las condiciones frías del invierno desalientan la actividad biológica de los alimentos almacenados, pero las condiciones del verano pueden muy bien llevar al desarrollo de insectos en los productos agrícolas almacenados.

Clima Fresco Húmedo.

En este tipo de clima la humedad y la baja temperatura dificulta un adecuado almacenamiento de los granos.

Clima de Altiplano.

Este clima puede quedar casi en cualquiera de las clases que se han descrito según su situación geográfica y otros factores.

Una de las finalidades del almacenamiento debe consistir en asegurar que se mantengan al mínimo las fluctuaciones de

temperatura dentro del almacén, y que no se produzcan condiciones de alta humedad relativa que lleven a la formación de condensación. Hay veces en que puede ser necesario poner en práctica la ventilación del almacén, con objeto de disminuir la temperatura de aire dentro del mismo para retirar aire cargado de humedad. El éxito de los procedimientos de ventilación depende no sólo de las condiciones climáticas que imperan en el momento en que se les ponga en práctica, sino también de la forma del edificio para almacenamiento y del modo en que se haya apilado y dispuesto el producto almacenado.

Haciendo referencia a los diversos climas que se han expuesto previamente, no debe procederse a ninguna ventilación en climas tórridos o cálidos húmedos. La admisión de aire cargado de humedad en el almacén da origen a la absorción de humedad por los productos higroscópicos. El objetivo es auxiliarse de edificios de almacenamiento de los que pueda excluirse totalmente en todas las estaciones del año el aire exterior cargado de humedad. Esto exige una ventilación regulable que se utiliza solamente en la época adecuada del año. Los edificios que cuentan con arreglos para ventilación permanente durante todo el año, en forma de un claro debajo del alero, son totalmente inadecuados para este tipo de clima. Siempre es necesario estudiar el clima local para cerciorarse de cuál será la época del año en la que la ventilación pueda ponerse en práctica como medida de rutina.

En climas tórridos secos, cálidos secos y frescos secos, la ventilación durante todo el día puede ponerse en práctica casi durante todo el año, pero puede ser deseable que, por la noche, se impida una pérdida excesiva de calor como medio para disminuir las fluctuaciones de la temperatura. En estos climas son deseables los dispositivos para una ventilación regulable, pero proveer los edificios de aberturas permanentes de ventilación sólo se tolera en ausencia de otros arreglos. No es probable que en estos climas la condensación llegue a ser un problema, pero en las regiones cálidas y tórridas se hace a menudo necesario disminuir la temperatura de los almacenes por medio de ventilación.

A continuación se presentan algunos datos sobre condiciones de operación para el secado de granos:

Flujos de aire por unidad de volumen de grano (m^3), apropiados para la aeración de granos en diferentes almacenes y zonas (Jamieson y colaboradores, 1974)

<u>Tipo de Almacenamamiento</u>	<u>Zona Seca y Templada</u>	<u>Zona Seca y templada</u>
Horizontal	2.33×10^{-4} a 4.67×10^{-5} m^3/seg	4.67×10^{-5} a 1.55×10^{-4} m^3/se
Vertical	1.1×10^{-6} a 2.3×10^{-5} m^3/seg	1.5×10^{-5} a 2.33×10^{-4} m^3/se

En las regiones cálidas donde la temperatura ambiente es mayor que la del volumen del grano, se recomienda que se inyecte aire y se expulse por la superficie del volumen de grano, ya que de esta forma se logra que el aire caliente atrapado debajo del techo de la bodega se elimine por las ventilas. Además, en los almacenes horizontales se forma un flujo de aire más uniforme cuando el aire se mueve hacia arriba del volumen de grano.

Cuando se encuentran productos almacenados, calientes y húmedos, es necesario airearlos o secarlos.

Las ventajas que la aeración tiene sobre el secado radican en el hecho de que el calor que se necesita para la evaporación del agua se deriva del propio grano en lugar de que se le obtenga de una fuente exterior de calor y esto surte un efecto de secado muy considerable.

En Australia, donde existen condiciones climáticas favorables, la aeración se ha puesto en práctica, como medio para combatir insectos de los granos. Se inyecta aire a través de lechos de grano durante varias semanas, para mantener el grano fresco, y los cambios del contenido de humedad son tales que, por lo general, el grano queda ligeramente más seco que cuando se le puso en almacenamiento.

Existen dos tipos de ventiladores en el mercado:

- A) Ventiladores axiales o de hélice.- Son esencialmente considerados como ventiladores de presiones bajas, y se usan principalmente para airear volúmenes de grano en almacenes horizontales.
- B) Ventiladores radiales o centrífugos o de alta presión.- Se emplean eficientemente en la aeración del grano en almacenes verticales debido al número de aspas que tienen, la forma en como están colocadas y la potencia del motor.

1.5.2 EVALUACION DE CALIDAD

El grano tiene dos fines primordiales, su uso como semilla o como alimento.

La evaluación de la calidad de las semillas se fundamenta en diversos factores físicos y biológicos. Factores que se valoran en el laboratorio por medio de una serie de procedimientos y análisis, que determinan que la calidad de un lote de semillas sea alta, mediana o baja.

Las semillas de buena calidad para siembra son aquellas que no contienen semillas de otros cultivos, otras variedades,

hierbas, polvo, paja o cualquier material extraño a ella y que, además tienen un alto porcentaje de germinación.

Se han establecido diferentes características que precisan los tipos o clases de semillas que el agricultor utiliza para sus siembras:

Semilla para siembra.- Es la denominada con base a sus características externas: el origen es desconocido, así como el contenido de semillas, de hierbas, otros cultivos, materiales extraños, presencia de plagas, contenido de humedad y porcentaje de germinación.

Semilla de alta calidad.- Esta semilla debe satisfacer varios requisitos que se refieren a: pureza varietal, pureza física, contenido de humedad óptimo y porcentaje de germinación alto.

Semilla certificada.- Esta semilla reúne todos los requisitos de la alta calidad, pero además, tiene un control de límite de generaciones (categorías: Básica, Registrada y Certificada) y procede de una variedad mejorada con inscripción vigente en el Registro Nacional de Variedades de Plantas. Recibe atención técnica desde la superficie de siembra, durante la siembra, antes de iniciarse la floración y antes de la cosecha en el

estado de madurez fisiológica del cultivo, y continua recibiendo las inspecciones necesarias en el momento de la cosecha para verificar que esta última sea efectuada en forma apropiada. En el almacenamiento, la materia prima se inspecciona y somete a muestreos y análisis de laboratorio de acuerdo con la metodología de las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas. Si los resultados que se obtienen se encuentran dentro de las tolerancias de laboratorio ya establecidas para cada uno de los cultivos y categorías, la semilla podrá ostentar en el envase (sacos nuevos), la etiqueta de "Semilla Certificada".

La producción de la "Semilla Certificada" puede llevarse a buen término con organismos descentralizados y de la iniciativa privada que acepten las disposiciones y cumplan con los requisitos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Este organismo oficial (en México) es el único autorizado legalmente para expedir y controlar las actividades de certificación. Dispone para ello con normas para la certificación de semillas y con personal técnico especializado en la producción de semillas distribuido en la República Mexicana por medio de Delegaciones. Además, cuando esta semilla va a ser utilizada como forraje o para consumo humano debe satisfacer determinadas normas de Calidad.

1.5.3 NORMA DE CALIDAD

I) NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

- a) Para productos alimenticios no industrializados para uso humano-cereales-maíz (*Zea mays*).

La Norma NOM-FF-04-1982 establece las condiciones y características que debe reunir el maíz en todas sus variedades, una vez desgranado, para poder ser objeto de comercialización en territorio nacional. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes: daños al grano por calor, por insectos y por microorganismos que producen toxinas (Diario Oficial, 1982).

- b) Para harina de maíz nixtamalizado

La Norma NOM-F-46-1976 especifica las características que debe cumplir el producto. Algunas de estas son: características sensoriales como el color, olor, sabor y aspecto; físicas y químicas como humedad, proteínas, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda; microbiológicas y determinación de presencia de plaguicidas. En este producto no se permite el empleo de aditivos, tales como conservadores y colorantes (Diario Oficial, 1976).

- c) Productos derivados del maíz, como es el caso de la miel de maíz.

La Norma D.G.N.-F-168-1967, tiene por objeto definir las características y establecer las condiciones que debe presentar este

producto en el momento de su expedición o venta y en su elaboración se empleará maíz (*Zea mays*), pudiendo ser adicionado de conservadores, saborizantes y colorantes autorizados por la S.S.A. Este producto deberá ser sometido a un proceso de pasteurización o equivalente a ella, que asegure su conservación (Diario Oficial, 1967).

II) MUESTREO.

Para realizar un análisis lo más representativo y completo posible es importante llevar a cabo un adecuado muestreo del lote de mercancía a analizar. Una vez obtenida la muestra se realizan los pasos descritos en la Figura 1.

El objeto de obtener una muestra, es que ésta sea de tamaño adecuado para su valoración estadística. La muestra debe tomarse con cuidado y de conformidad con los métodos señalados en las Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas.

Muestra Representativa

Es la cantidad de grano obtenido de un lote, siendo ésta no menor de 1 Kg ni mayor de 2 Kg.

Temperatura

Es la cantidad de calor que se registra en el lote o partida.

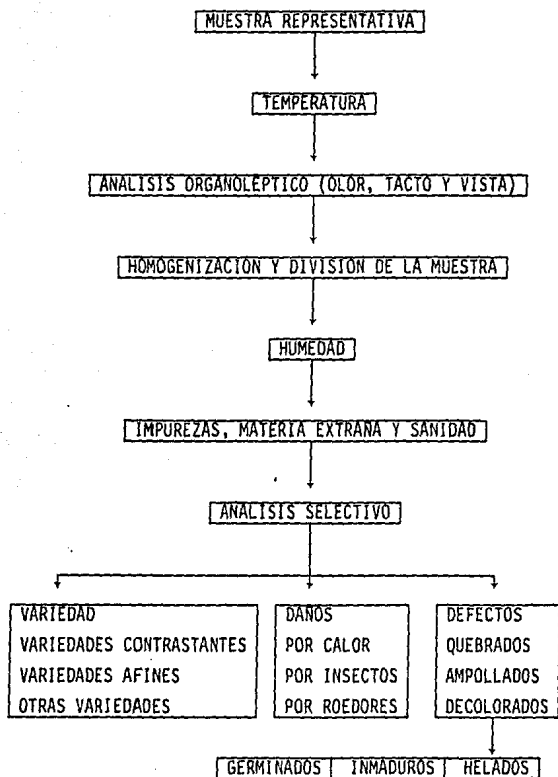


FIGURA 1. MUESTREO DE GRANOS.

Análisis Organoléptico.

Determinación de la calidad por medio de los órganos de la vista, tacto y olfato.

Olor.

Se determina durante el muestreo, especialmente en la muestra representativa, de esta forma se conoce si el grano tiene olor sano y seco, o posee olores característicos de procesos como la fermentación, putrefacción, moho producidos por el desarrollo de microorganismos. Existen olores que se confunden y que pueden ser causados por insecticidas, productos químicos o cualquier otro factor que influye sobre la calidad del grano.

Tacto.

Este sentido es útil especialmente en el muestreo, ya que se pueden distinguir temperaturas anormales del lote, ocasionados principalmente por el exceso de humedad que favorece la actividad biológica del grano y el desarrollo de microorganismos.

Vista.

Por medio de este sentido se observa el aspecto y el daño, el tipo de impurezas que puede contener la muestra representativa, tales como vidrios, piedras, minerales, excrementos de roedores y otros factores que alteran la calidad del grano.

HOMOGENIZACION Y DIVISION DE LA MUESTRA:

Después de que se obtiene la muestra, se mezcla perfectamente quedando distribuidos uniformemente todos los elementos que la componen. Una vez que se encuentra homogenizada la muestra se procede a dividirla de acuerdo a la cantidad que se requiere para cada uno de los análisis.

DETERMINACION PORCENTAJE DE HUMEDAD:

Para conocer la cantidad de agua de un grano se determina su porcentaje de humedad por medio de un higrómetro. Es importante este valor para la comercialización, almacenamiento y conservación de granos.

IMPUREZAS, MATERIAS EXTRANAS Y SANIDAD:

Esta determinación se efectúa tomando como base el Kg de muestra y usando la criba adecuada.

Las materias extrañas son las impurezas y granos diferentes a los que se están analizando. Las impurezas son: las porciones que pasan fácilmente a través de la criba (impurezas menores) y las que permanezcan en la muestra después del cribado y sea material diferente al grano (impurezas mayores). La sanidad se efectúa después de cribar la muestra, se observa en el fondo de la charola la presencia de larvas y adultos de insectos de almacén vivos

o muertos. En la superficie de los granos se observa la presencia de huevecillos y dentro de los granos rotos y perforados, la presencia de larvas e insectos adultos. Se cuenta el número de larvas e insectos adultos por Kg de muestra.

ANALISIS SELECTIVO:

Son los factores que determinan la calidad comercial del grano.

VARIEDAD DEL GRANO:

Variedades contrastantes:

Son aquéllas que pertenecen al mismo grano pero son diferentes en tamaño, color y aspecto en relación a la variedad predominante.

Variedades afines:

Son las que pertenecen al mismo grano pero difieren ligeramente en tamaño, color y aspecto comparado a la variedad predominante.

Otras variedades:

Son aquéllas que al pertenecer al mismo grano no quedan clasificados por sus características genéticas y morfológicas dentro de la variedad predominante que se está analizando.

GRANOS DAÑADOS:

Son los que se dañan en el campo y en los almacenes. Siete de los daños más comunes son los siguientes:

1. Calor: Los granos presentan una coloración café oscuro que afecta al embrión y al endospermo.
2. Insectos: Los granos tienen perforaciones y galerías que se originan por insectos de almacén y campo. Con este tipo de daño los insectos contaminan a los granos con sus residuos y en ocasiones les provocan malos olores.
3. Hongos: Cuando los granos presentan en su superficie por lo menos un 33% de hongos, estos últimos durante su crecimiento producen sustancias tóxicas que afectan la salud de las personas y animales domésticos, por ejemplo las aflatoxinas producidas por variedades de *Aspergillus flavus*.
4. Roedores: Los granos presentan en el germen y/o en el endospermo la dentellada característica de estos animales. Es peligroso el daño a los granos ocasionado por roedores ya que los contaminan con su orina, excrementos y pelos, portando algunas enfermedades.
5. Germinación: Los granos, que debido a temperaturas y humedades adecuadas, germinan modificando la distribución de sus componentes químicos, demeritando su calidad.

6. Inmadurez: Los granos no alcanzan a desarrollarse y se distinguen por su color verde y tamaño pequeño.
7. Heladas: Los granos son perjudicados por bajas temperaturas y se caracterizan por coloraciones oscuras, además de presentarse enjuados.

GRANOS DEFECTUOSOS:

Son los que están libres de daños, pero presentan ampollas, manchas, decoloraciones y partes quebradas, entre otras.

1. Ampollas: Es la cutícula del grano que se encuentra arraigada y separada del endospermo por lo menos en un 33% de su superficie total.
2. Manchas: Son coloraciones que contrastan claramente con el color original del grano en un 33% o más de su superficie.
3. Decoloraciones: El color original del grano cambia por efecto del envejecimiento, los rayos solares o agentes químicos, sin que este cambio modifique el embrión y/o endospermo.
4. Partes quebradas: Son fracciones menores de 3/4 del total del grano.

ANÁLISIS QUÍMICOS:

Son los procedimientos empleados para determinar la composición del grano del maíz. La composición del maíz es aproximadamente la siguiente:

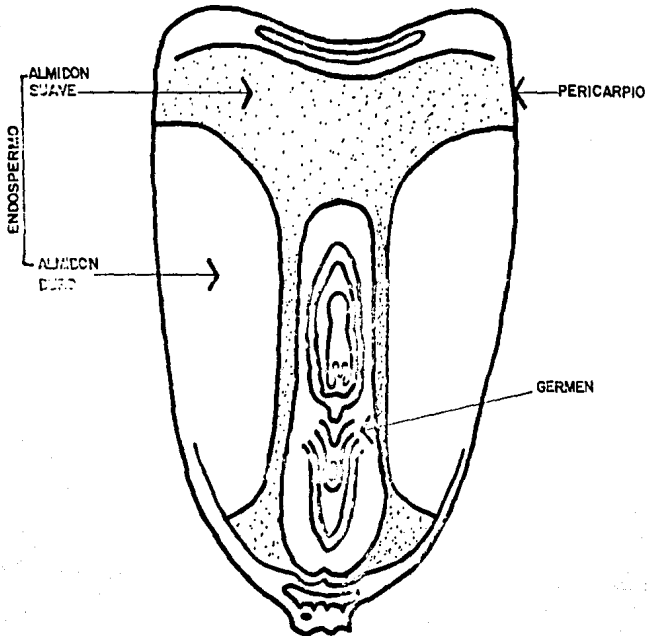
	%
Humedad	15-20
Amidón y otros carbohidratos (B.S.)	80
Proteína (B.S.)	10
Aceite (B.S.)	4.5
Celulosa (B.S.)	3.5
Cenizas (B.S.)	2.0

Las cenizas son el constituyente mineral del grano (sales de calcio, magnesio, fósforo, aluminio, hierro, sodio y cloro).

El grano del maíz posee varias partes anatómicas. Estas incluyen la capa externa, constituida por pericarpio y aleurona, el endospermo que comprende la mayor parte del grano, y el germen formado por embrión y cotiledón (Figura 2).

Los componentes del grano se encuentran distribuidos de la siguiente forma:

FIGURA 2
DIAGRAMA DE UN GRANO DE MAIZ



- A) Próxima a la cascarilla se encuentra una capa delgada de gluten, sustancia rica en proteína.
- B) A los lados y frentes del grano, dentro de la capa de gluten, están una mezcla de almidón y gluten orientados hacia el centro del grano.
- C) Llenando la parte superior del grano y extendiéndose hacia abajo, rodeando el germen parcialmente, está la porción amilácea blanca.
- D) El germen mismo se encuentra en la parte inferior central y contiene casi todas las proteínas, la mayor parte del aceite, y una buena porción de los minerales.

DETERMINACIONES BROMATOLÓGICAS:

Las principales determinaciones bromatológicas que se llevan a cabo en el grano son las siguientes (AOAC, 1980):

- 1) Determinación de Humedad
- 2) Determinación de cenizas
- 3) Determinación de grasas
- 4) Determinación de carbohidratos
- 5) Determinación de proteínas
- 6) Determinación de fibra cruda

1.6 CONTENIDO NUTRITIVO.

El maíz, por su contenido de almidón y carbohidratos (80%), se le considera básicamente un alimento energético. Como en el caso de la mayoría de los cereales, el contenido proteico (alrededor de un 10%) es bajo para los requerimientos humanos por lo que, para satisfacer la demanda de proteínas, habría que consumir un volumen elevado de maíz, cosa poco factible para un ser humano, o complementarlo con otras fuentes proteicas.

Además, las proteínas del maíz se consideran de baja calidad, ya que el 50% de ellas es zeína, fracción proteica que no puede ser digerida por animales monogástricos y el porcentaje restante carece principalmente de vitaminas del complejo B y su proporción de aminoácidos esenciales como triptofano y lisina es menor que lo recomendado por la FAO (1952).

En los seres humanos que comen maíz y este grano constituye su fuente de proteína, la deficiencia de triptofano y lisina se muestra de forma sorprendente, especialmente entre los niños. Entre ellos existe una alta frecuencia de síndrome policarencial de deficiencia proteica llamado Kwashiorkor. Los signos típicos de este padecimiento son apatía, pérdida de apetito, además de alteraciones en la piel y el cabello; un examen de la sangre, y de otros tejidos revela una marcada disminución en la concentración y acti-

vidad de las enzimas claves (Young y colaboradores, 1971).

Las Tablas II y III presentan la distribución de las proteínas en el germen y el endospermo, así como la composición de aminoácidos en estas proteínas (Guerra, 1978).

TABLA II. DISTRIBUCION DE PROTEINA EN EL GERMEN Y ENDOSPERMO DEL MAIZ.

FRACCION DE PROTEINA*	GERMEN %	ENDOSPERMO %
Insoluble	0.9	1.9
Soluble en ácido	39.4	26.3
Soluble en álcali	54.0	28.0
Soluble en alcohol	5.7	43.8
	100.0	100.0

*Proteína en el grano entero 8.2%, en el germen 16.1%, proteína en el endospermo 7.2% en peso (Mertz y colaboradores 1958).

TABLA III. AMINOACIDOS DEL GERMEN Y ENDOSPERMO DE MAIZ NORMAL.

AMINOACIDOS	GERMEN	ENDOSPERMO
Lisina	6.1	2.0
Histidina	2.9	2.8
Arginina	9.1	3.8
Acido aspártico	8.2	6.2
Acido glutámico	13.1	21.3
Treonina	3.9	3.5
Serina	5.5	5.2
Prolina	4.8	9.2
Glicina	5.4	3.2
Alanina	6.0	8.1
Valina	5.3	4.7
Cistina	1.0	1.8
Metionina	1.7	2.8
Isoleucina	3.1	3.8
Leucina	6.5	14.3
Tirosina	2.9	5.3
Fenilalanina	4.1	5.3
Triptofano	1.3	0.5

Los resultados de la tabla están expresados como gramos por 100 gramos de proteína (Mertz y colaboradores, 1966).

Al conocerse las deficiencias del maíz y con el propósito de mejorar las dietas en donde la ingestión de este grano es básico, Mertz y colaboradores (1958) de la Universidad de Purdue, E.E.U.U. empezaron a buscar variedades que fueran excepcionalmente ricas en proteína, pero en las variedades de América Central que estudiaron no hallaron resultados significativos.

Más tarde, Mertz y colaboradores (1964), que habían estado estudiando mutantes de grano blando conocidos como opacos y harinosos, cuando determinaron el contenido de lisina de estos mutantes encontraron que era más del doble del contenido encontrado en las variedades normales usadas como punto de referencia.

La Tabla IV presenta la composición de aminoácidos de los endospermos de maíz normal y maíz opaco (Guerra, 1978).

TABLA IV. AMINOACIDOS EN EL ENDOSPERMO DE MAIZ NORMAL Y MAIZ OPACO-2.

AMINOACIDO	NORMAL	OPACO-2
Lisina	2.0	3.39
Triptofano	-	-
Histidina	2.82	3.35
Arginina	3.76	5.10
Acido aspártico	6.17	8.45
Acido glutámico	21.30	19.13
Treonina	3.48	3.91
Serina	5.17	4.99
Prolina	9.67	9.36
Glicina	3.24	4.02
Alanina	8.13	6.99
Valina	4.68	4.98
Cistina	1.79	2.35
Metionina	2.83	2.00
Isoleucina	3.82	3.91
Leucina	14.29	11.63
Tirosina	5.26	4.71
Fenilalanina	5.29	4.96

Los resultados de la tabla están expresados como gramos por 100 gramos de proteína (Mertz y colaboradores, 1966).

En la Tabla V se presenta como referencia el patrón recomendado por la FAO para la ingesta diaria de aminoácidos esenciales en el adulto normal.

TABLA V. INGESTA DIARIA DE AMINOACIDOS ESENCIALES EN EL ADULTO NORMAL.

AMINOACIDOS	REQUERIMIENTO MINIMO mg	INGESTION RECOMENDADA mg	NUMERO DE PERSONAS PUESTAS A PRUEBA
Lisina	0.80	1.6	33
Valina	0.80	1.6	29
Metionina	1.10	2.2	19
Isoleucina	0.70	1.4	14
Leucina	1.10	2.2	14
Treonina	0.50	1.0	24
Fenilalanina	1.10	2.2	28
Triptofano	0.25	0.5	37

(Rose, W.C. Chem. Eng. News, 30:2385, 1952)

A partir de estos descubrimientos se establecieron programas de cultivo para estas variedades genéticamente mejoradas y se llevaron a cabo pruebas primero con animales y posteriormente con humanos.

En 1966, Bressani llevó a cabo experimentos con niños entre 3 y 5 años, proporcionándoles 2 g de proteína de maíz opaco-2 por cada kilogramo de peso. Los resultados obtenidos en relación al valor biológico igualó a la de la proteína de la leche descremada.

En 1971, Young y colaboradores determinaron digestibilidad, valor biológico y aprovechamiento neto práctico del maíz cultivado en Colombia. Los resultados fueron satisfactorios ya que el coeficiente de digestibilidad para el maíz opaco-2 fue de 92% para el grano entero y 95% para el grano desgerminado, comparado con las proteínas de huevo que tienen 96%.

En 1967 y 1977, Clark y colaboradores demostraron que 300 mg de maíz opaco ingeridos diariamente en la forma de sus fracciones molidas en seco (gérmen y endospermo) mantenían a la mayoría de los voluntarios del estudio dentro del balance de nitrógeno (valor biológico).

Otro aspecto nutricional del maíz con gran polémica, se debe a la incidencia de pelagra entre los pueblos consumidores de maíz, afección debida a la falta de niacina, vitamina del complejo B. La incidencia de pelagra fue alta en el sur de los E.E.U.U., en la época de la "depresión económica" de 1929, lo es en Sud-Africa y en la India mientras que en los países donde el maíz es cocido en una solución alcalina, el padecimiento tiene una incidencia más baja. Este proceso térmico alcalino se conoce como nixtamalización* y es muy usado en México y algunos países centroamericanos.

Trabajos orientados a esclarecer el fenómeno anterior sugieren que la pelagra puede ser inducida por una desproporcionada relación entre isoleucina-leucina, es decir por una excesiva cantidad de leucina en la dieta. La nixtamalización, por medio del tratamiento alcalino, puede modificar proporcionalmente esta relación (Katz y colaboradores, 1974).

Otros experimentos para corregir el valor nutritivo de las dietas con alta ingestión de maíz, se realizaron en los años 1945-1965 por Cravioto y colaboradores y Massieu y colaboradores, quienes trataron de enriquecer los patrones alimenticios con soya o frijol o adicionaron a la masa para hacer tortillas, tanto el fri-

*Palabra de origen náhuatl (etimología en la pág. 133).

jol como la soya, además de garbanzo y leche. En la década de los cincuentas, con la aparición del equipo mecanizado (Del Valle, 1972), se ampliaron las perspectivas de enriquecer los productos de maíz para consumo humano.

Para mejorar cualitativa y cuantitativamente la tortilla en el aspecto proteínico, se ha pensado en la utilización de otros alimentos que no sean deficientes en lisina y que su costo no sea demasiado elevado, como ejemplo la soya o algunas otras oleaginosas y/o leguminosas.

La elaboración de harinas se ha visto incrementada en los últimos años. Esto da una idea del consumo del maíz en esta forma y plantea la magnífica posibilidad de enriquecimiento proteico a este nivel (Cortés y Wild Altamirano, 1972; Paredes y Saharópulos, 1983; Cravioto y colaboradores, 1965; Bressani y Marengo, 1963; Monroy y Chávez, 1966; Bressani y colaboradores, 1974; Del Valle y colaboradores, 1976; Bressani y colaboradores, 1979; Collins y Sánchez, 1980; Yáñez y colaboradores, 1974).

En 1945, Cravioto y colaboradores hicieron un estudio sobre el valor nutritivo de la tortilla y encontraron que la tortilla al igual que el maíz era deficiente principalmente en

lisina y que contenía aproximadamente 9% de proteínas en base seca. A partir de este estudio se generaron una serie de trabajos entre los que se puede considerar el efectuado también por Cravioto y colaboradores en 1950, donde compararon el valor biológico de las proteínas del maíz, de las tortillas y de la tortilla enriquecida con 10% de harina de soya (añadida a la masa). Concluyeron que el maíz y la tortilla mostraron el mismo valor biológico (relación de eficiencia proteica o PER, como se conoce este parámetro, de 1.05 y 1 respectivamente) y las tortillas enriquecidas con harina de soya mostraron un valor nutritivo superior (PER= 1.8), lo que indica que la soya es un enriquecedor de considerable importancia. En 1965, Cravioto y Cervantes comprobaron lo señalado anteriormente además que las proteínas de ajonjolí no proporcionan mejoría en el valor nutritivo debido a que también son deficientes en la lisina. Casi al mismo tiempo, Bressani y Marengo, en 1963, realizaron un estudio relativo a la influencia en el valor nutritivo de la masa al añadir diferentes tipos de proteínas animales y vegetales. Se suplementó la masa con harina de pescado 3%, harina de carne 5%, harina de huevo 3%, caseína 5%, leche descremada en polvo 8%, proteína de soya 8%, harina de soya 8%, harina de algodón 9%, harina de cacahuete 9% y levadura torula 3%, concluyéndose que la proteína de origen animal mejoró el valor nutritivo en la masa que la de origen vegetal; ya que contenía más lisina y triptofano (aminoácidos limitantes). Se encontró una correlación entre PER (relación de

eficiencia proteica) y contenido de lisina en el suplemento y se recomendaron las cantidades que deben tener los suplementos en relación a nitrógeno, lisina, triptofano, isoleucina y metionina para tener el PER más alto y, por último, se señaló que el valor nutritivo de la masa fue más alto al añadir vitaminas, principalmente riboflavina (también se añadieron tiamina, niacina y vitamina A). Monroy y Chávez, en 1966, hicieron un estudio sobre enriquecimiento de harina de maíz con xastle*, soya, garbanzo y oleoproteína de ajonjolí y los resultados obtenidos en términos de utilización neta de su proteína o NPU, como se conoce a este parámetro, a nivel de 10% de proteína indicaron que el xastle proporcionó mejor calidad nutritiva (56.0), seguida por el garbanzo (50.3), la soya (38.7) y el ajonjolí (38.4).

En 1974, Bressani y colaboradores nixtamalizaron 85% de maíz entero y 15% de soya y concluyeron que se obtienen rendimientos mayores, la retención de agua fue muy similar a las normales y que a medida que la cantidad de soya se incrementa, el rendimiento de las tortillas decrece significativamente (proporciones mayores de 72:28). Simultáneamente Del Valle y Pérez-Villaseñor en el mismo año procesaron, de la misma forma que Bressani (1974), en diferentes intervalos de proporción maíz: soya (0.80 a 15%) y reportaron que no hubo diferencia significativa

*Palabra náhuatl que nombra los asientos del pulque (*Poloukqui octli*, vino podrido), levaduras obtenidas del proceso de fermentación del aguamiel (etimología en la pág. 133).

tiva en la calidad de la proteína (PER y NPU utilización neta de la proteína) entre las tortillas enriquecidas con 8% y 16% de soya y no se detectó la presencia de soya hasta nivel de 16%. Además, los factores tóxicos presentes en la soya se inactivaron en el procesamiento de elaboración de la tortilla. Sobre el tema, en 1976, Del Valle, Montemayor y Bourges, procesaron a nivel industrial con 10% de soya en lugar de maíz y se encontró que la proteína aumentó de 9.2 a 12.6%, con un incremento del PER de 1.45 a 2.62 (caseína= 3.4), inactivación de factores tóxicos y no se detectó rancidez.

En 1979, Bressani y colaboradores hicieron una serie de experimentos en relación a la suplementación de maíz con soya en el procesamiento de la tortilla y llegaron a la conclusión que el variar de 0 a 20% la concentración de soya, a niveles mayores de 12%, el PER no aumenta significativamente y se considera que el nivel óptimo está entre 8 y 12%, también se varió el tiempo de cocción a presión atmosférica (96°C) de 0 a 90 minutos en una relación de maíz-soya 85:15 y concentración de cal de 0, 1 a 2% y se determinó que los factores antifisiológicos, fueron inactivados después de 30 minutos de cocción independientemente de la concentración de cal en el proceso casero. También se hizo a nivel industrial una prueba utilizando una mezcla 90:10 en las mismas condiciones que cuando se procesa maíz solo y se demostró que además de proveer mayor calidad y

cantidad de proteínas también proporciona mayor cantidad de calorías, que en la actualidad también son de gran importancia ya que cubriendo el organismo por medio de carbohidratos y grasas la cantidad de calorías necesarias, las proteínas no se utilizarán para dicha función, o sea, que habrá una mayor utilización proteica.

Bressani y Elías, en 1972, reportaron que, en cuanto a fibra cruda, es menor en la tortilla casera que en la industrial debido a que la mayor parte de la cáscara del grano se elimina completamente durante el lavado. En cuanto a minerales y vitaminas, el calcio es mucho mayor en el proceso casero, aunque se puede corregir añadiendo cal a la masa y hay pérdidas de tiamina, riboflavina y niacina en el proceso casero, lo que no ocurre en el proceso industrial.

También señala que la adición de 8% de harina de soya más 0.1% de L-lisina HCl y 8% de leche descremada más 0.1% de L-lisina HCl proporciona resultados muy buenos en cuanto al valor nutritivo de la tortilla. En 1980, Collins y Sánchez reportaron un estudio hecho a tortillas estilo boliviano en el que sustituyeron el maíz por harina de soya en proporciones de 10, 20 y 30% y prepararon tortillas sin y con 10% de queso. Las conclusiones a que llegaron fueron que la firmeza de las tortillas decreció al aumentar la soya y el queso, hubo cambios li-

geros en sabor teniendo mejores resultados al añadir queso y más bajos resultados al añadir soya, comparándolas con la tortilla normal hubo mejoría en el valor nutritivo en todos los casos, mostrándose los valores químicos de los aminoácidos esenciales de todas las mezclas, notándose que los primeros aminoácidos limitantes fueron los sulfurados y la lisina y el valor PER de las dietas teniendo 30% de soya a las dietas de maíz-soya-queso con 20 a 30% de soya fue similar al de la dieta con caseína.

En cuanto al enriquecimiento de tortillas caseras hechas de maíz germinado, existe un trabajo de Wang y Fields en 1978 en el que reportaron que los contenidos de lisina y triptofano (medidos microbiológicamente) aumentaron de 23 mg/g N y 3 mg/g N, a 68 mg/g N y 26 mg/g N, y en cuestión de color, textura y sabor no hubo cambios entre tortillas normales y tortillas preparadas con 50% de maíz nixtamalizado y 50% de maíz germinado. En cuanto a fragilidad, las tortillas que llevan maíz germinado resultaron con calificaciones menores, en cuanto a respuesta de panelistas, prefiriendo las tortillas normales a las elaboradas con la mezcla.

En cuanto a la utilización de hidrolizados enzimáticos de pescado como suplemento, Yáñez y colaboradores, en 1974, señalaron que al añadirse en proporciones de 2, 4, 6, 8 y 10% en peso a la harina de maíz, hubo una mejoría en cuanto al PER.

Se añadió también *Candida utilis* obteniéndose la máxima eficiencia proteica al suplementarse al 8%. Ambos suplementos aportaron gran cantidad de lisina (8.9 g/16 g N la levadura y 11.8 g/16 g N el hidrolizado en comparación con 2.88 g/16 g N de la harina de maíz).

Como se puede observar por los estudios presentados, la tortilla es el producto de maíz que se consume en mayor proporción, siguiéndole en importancia las harinas nixtamalizadas, ya sea para la elaboración de las mismas tortillas o también otros productos como atoles, bebidas instantáneas, tamales, etc.

Sin embargo, el aumento en el costo del producto final con respecto al de los actuales productos (masa, harina nixtamalizada y tortillas) ha frenado el avance de estos trabajos, que han quedado en fases de laboratorio o planta piloto, o con algunas pruebas, en el mejor de los casos, pero sin ninguna acción relevante a nivel industrial real a escala comercial.

El interés para hacer llegar a los grandes núcleos de población una mejor alimentación se ve expresada en reuniones científicas como la realizada en Guatemala en el año de 1972 por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, denominada "Mejoramiento Nutritivo del Maíz" (Bressani y colaboradores, 1972). En ella se llevaron a cabo intercambios de información

de investigaciones que se realizaron en toda América para mejorar la calidad nutritiva del maíz.

Actualmente en México, en instituciones oficiales como el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), el Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) y el Colegio de Postgraduados de la Universidad Autónoma de Chapingo, han estado trabajando en la introducción del gene opaco-2 y de otros mutantes, a las mejores variedades comerciales y experimentales y a diversas poblaciones de maíz en diferentes regiones del país (Guerra, 1978).

Estos trabajos se encuentran en la etapa en que las variedades ya formadas requieren de una evaluación más completa, tanto de su área de adaptación como de su calidad nutritiva.

Los problemas asociados con este tipo de maíz son los del almacenamiento, ya que por su textura blanda y cualidades nutritivas, es más fácil de atacar por plagas, cosa que no tiene tanta incidencia con el maíz normal (Guerra, 1978).

Un problema más radica en que contienen mayor proporción de almidones que el maíz normal, provocando un rendimiento por hectárea menor que el de las variedades normales. Se han

realizado investigaciones genéticas para mejorar el rendimiento y los resultados han sido satisfactorios, aunque todavía el rendimiento no iguala al del maíz normal. Esto implica la necesidad de intensificar y crear nuevas técnicas que conduzcan a promover la producción y procesamiento de maíces de alta calidad proteica, contribuyendo de esta forma a mejorar la dieta alimentaria de la población.

Sobre estos cimientos se llevan a cabo estudios encaminados a producir variedades modificadas que posean las características nutricionales necesarias, y al mismo tiempo, las características físicas de los granos cristalinos, tales como el rendimiento y la resistencia a plagas (Durán de Bazúa y Guerra, 1980).

1.7 INDUSTRIALIZACION

1.7.1 PRODUCTOS PARA LA INDUSTRIA

Cuando los químicos se fijaron por primera vez en el maíz como materia prima industrial sólo les interesaba el almidón. Existen referencias históricas que hablan de que el almidón ha sido utilizado desde la antigüedad más remota. Se utilizó el maíz como materia prima de almidón por la facilidad con que se podía extraer y por la abundancia que se tenía. Sin em-

bargo, se presentaron dos problemas a nivel comercial en la industria:

- A) El desarrollo de más productos derivados del almidón y la conversión de materiales inútiles en productos secundarios útiles.
- B) La posibilidad de colocar sus productos en el mercado e investigar la expansión de los usos que ya eran conocidos.

En la actualidad se han ido desarrollando procesos para la recuperación de otras sustancias diferentes al almidón y se han descubierto mercados para los nuevos productos siendo el 8-9% de la producción nacional del maíz, materia prima para la industria, donde es transformada a productos tales como harinas, almidones y jarabes.

El primer paso para esta transformación es la molienda que puede ser húmeda o seca. La molienda húmeda permite separar al endospermo del embrión, el gluten y la cascarilla. Las fracciones blandas del almidón son separadas, donde una parte de ellas es ocupada como tal, y la otra es hidrolizada por enzimas o tratamiento ácido para producir jarabes y dextrosa.

El 85% del aceite lo contiene el embrión. Este acei-

presenta en su composición un alto contenido de ácidos grasos no saturados, que lo hacen conveniente para la elaboración de margarinas y para utilizarse en el cocinado doméstico, pues según algunos investigadores abate los niveles de colesterol sanguíneo (Guerra, 1978).

El agua de cocimiento, la cascarilla y el gluten se utilizan como forraje y también como medio de cultivo en desarrollo de microorganismos para producir antibióticos.

La molienda seca produce harinas para consumo humano en panaderías, fabricación de pastas y cereales para desayuno, entre otros.

Entre los nuevos productos que han diversificado la industria alimentaria se pueden citar:

- A) La cascarilla del maíz, constituida por 22% de celulosa y 77% de hemicelulosa, se ha utilizado para la conservación de la frecuencia intestinal, ya que promueve la retención de agua, la formación de gel, la absorción de los ácidos biliares y como nutrimento para bacterias del tracto digestivo.
- B) Extracto de maíz con 73% de proteína, soluble en agua a pH neutro ácido, y con propiedades emulsificantes, pudiéndose utilizar como aditivo alimenticio.

Otras de las fracciones en el estudio del maíz que son empleadas es la zeína, cuya propiedad de hacer película la hacen aplicable en el acabado de tabletas o en la fabricación de fibras textiles.

Ultimamente se han logrado avances muy importantes en el perfeccionamiento del trabajo técnico de la fabricación de derivados. Una fábrica moderna destina a la molienda de maíz un conjunto de máquinas complejas y controles de calidad automatizados. El conocimiento científico de la molienda del maíz del almidón y sus derivados se amplía para permitir el perfeccionamiento de los procesos.

En el caso de México, la industrialización del maíz ha estado dirigida fundamentalmente a la producción masiva de los productos de consumo básico (masa nixtamalizada de maíz y tortillas). Esto dió origen a la tecnificación en los molinos de nixtamal y en las tortillerías patentándose nuevas máquinas que sustituyeron la mano de obra de miles de mujeres de escasos recursos.

1.7.2 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE LOS PRODUCTOS DE MAIZ MAS COMERCIALES.

La elaboración y transformación del maíz tiene como

actividad central en México la fabricación de tortillas y las que la proveen respectivamente de masa o harina: la molienda del nixtamal y la fabricación de harina de maíz.

El maíz se emplea también como materia prima para la industria. del 8-9% de la producción nacional, se transforma a productos tales como: glucosa líquida, sólida, color caramelo, almidón sin modificar, almidón modificado, almidón pregelatinizado, dextrina, fécula de maíz, miel de maíz, aceite refinado, salvado preparado, pasta de germen, gluten de maíz. Con el almidón y el gluten, que representan más del 90% en peso del grano se obtienen diversas materias primas con las que se elaboran una enorme cantidad de productos. El agua de cocimiento, la cascarilla y el gluten se emplean como forraje y como medio de cultivo para desarrollo de microorganismos.

Por otro lado la molienda seca produce harinas para consumo en panaderías, fabricación de pastas, cereales como las hojuelas de maíz que se fabrican a partir de maíz quebrado, trozos de endospermo de maíz, donde se ha eliminado completamente el hollejo y el germen. Se obtienen cociendo el grano entero o trozos, con saborizantes especiales como azúcar, sal y malta, se seca hasta alcanzar un estado rígido, pero ligeramente plástico; las hojuelas se forman por el paso de los granos entre rodillos, tostándose y secándose hasta alcanzar la humedad final.

En algunos casos en el proceso se obtienen pastillas o "churros" de cereal. La elaboración de pastillas puede llevarse a cabo por extrusión y para darles forma se usa un dado o boquilla de extrusión. El producto debe tener un aspecto crujiente y tierno. Estos productos se consumen como botanas.

Año tras año aumenta la cantidad de alimentos que con tienen maíz; de este modo, la vida de la civilización occidental actual depende mucho más del maíz de lo que comúnmente se acepta. Además el grano avanza paso a paso en la ocupación de nuevas áreas y en la satisfacción de reales y supuestas necesidades.

1.7.3 ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD DE LOS PRODUCTOS.

Los agentes de deterioro, antes y después de la cosecha, como son el daño microbiológico, el daño por roedores, etc., afectan negativamente la calidad del producto final.

El contenido óptimo de humedad en la masa para la elaboración de tortillas de buena calidad y buena vida de almacena miento cambia dependiendo de las variedades del maíz. Se ha observado que los mejores resultados se obtienen de una masa con un contenido de humedad alrededor de 50 a 55%.

Las condiciones de almacenamiento juegan un papel importante en las propiedades de textura y vida de almacenamiento de las tortillas. Por un lado el maíz almacenado bajo condiciones normales tiende a requerir un incremento en el tratamiento con calor. Esto se puede deber a las alteraciones estructurales de los componentes del grano. Estudios preliminares indican que el almacenamiento reduce la cantidad de agua incorporada de la masa para obtener una mejor consistencia de la tortilla durante su producción (Paredes y Saharópulos, 1983).

En cuanto a la estabilidad vitamínica, se observa que existe una destrucción muy grande de la vitamina A cuando se somete a calor y durante largo tiempo de almacenamiento, esto es mayor en productos de maíz, que en el maíz como grano.

La vitamina A es la que más sufre pérdidas en función del tiempo de almacenamiento.

En la siguiente tabla se presenta la estabilidad de nutrientes presentes en la harina de maíz a temperatura ambiente y durante diferentes tiempos de almacenamiento.

TABLA VI. ESTABILIDAD DE NUTRIMENTOS EN LA HARINA DE MAIZ A TEMPERATURA AMBIENTE.. mg/lb o UI/lb.

NUTRIENTE	INICIAL	3 MESES	6 MESES
Vitamina A	6,000	5,880	5,820
Piridoxina	4.5	4.5	4.0
Acido fólico	0.6	0.5	0.5
Niacina	26.0	25.7	NR
Tiamina	3.17	3.25	3.07
Riboflavina	2.02	1.96	1.81
Fierro	41.0	40.0	39.0

FUENTE: (Enodi y colaboradores, 1977).

La harina de maíz nixtamalizado, al igual que la masa nixtamalizada, es maíz cocido en presencia de cal y molido en húmedo, con la diferencia de que mientras la harina se deshidrata y se convierte en polvo no perecedero, la masa permanece en ese estado de fácil descomposición debido al acelerado proceso de fermentación que ocurre en ella por el alto contenido de humedad y que se acentúa en presencia de altas temperaturas.

Se han realizado varios estudios para incrementar la vida de anaquel de las tortillas bajo condiciones normales de almacenamiento. La conservación se basa en el uso de aditivos

para retardar la rancidez y el daño microbiológico de las tortillas. La rancidez se retarda usando ácido policarboxílico alifático teniendo de 3 a 6 átomos de carbono en la cadena y uno o dos glicéridos. El crecimiento microbiológico se inhibe aplicando ácido propiónico y cítrico y por el uso de hidróxido de calcio en la masa antes de producir la tortilla.

1.7.4 CONSERVACION DE NUTRIMENTOS

Viendo los valores de la Tabla VII, se encuentra que los nutrimentos de la tortilla varían mucho con respecto a los del maíz y la masa, esto se debe a que durante el proceso de nixtamalización hay una serie de cambios, como el aumento de la solubilidad del nitrógeno, con lo que hay una disminución del contenido de proteínas. Existe un aumento en el contenido de cenizas por la adición del hidróxido de calcio, en cambio disminuyen las grasas debido a la acción que tiene el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, sobre los ácidos grasos mediante una reacción de hidrólisis alcalina, dando finalmente ésteres (el ácido linoleico es el que se ve principalmente afectado).

La fibra cruda disminuye considerablemente, como posible resultado de la reacción entre la cal y la celulosa de la cascarilla y por el lavado a que es expuesto el nixtamal. Los carbohidratos disminuyen porque el almidón sufre una hidrólisis provocando la destrucción de algunas cadenas de éste.

TABLA VII. NUTRIMENTOS DE DOS TIPOS DE MAIZ Y SUS PRODUCTOS EN 100 g DE ALIMENTO.

NUTRIENTE	MAIZ CRUDO BLANCO (B)	MAIZ CRUDO AMARILLO (A)	NIXTAMAL (B)	NIXTAMAL (A)	MASA (B)	MASA (A)	TORTILLA (B)	TORTILLA (A)
Humedad %	15.90	12.20	48.60	47.60	60.5	60.5	47.80	47.85
Extracto etéreo %	4.83	4.53	1.98	2.11	1.6	1.61	1.02	1.34
Nitrógeno %	1.29	1.33	0.85	0.85	0.65	0.67	0.87	0.89
Fibra cruda %	1.58	1.34	0.73	0.66	0.47	0.48	0.74	0.63
Cenizas %	1.28	1.08	0.79	0.81	0.62	0.63	0.83	0.83
CH %	70.04	73.80	43.30	43.93	33.22	32.92	44.47	44.44
Calcio mg	4.0	11.0	97.5	132.0	86.0	120.5	124.5	158.5
Fierro mg	1.60	1.49	0.2	0.43	0.23	0.41	0.25	2.49
Fósforo mg	80.0	121.0	64.0	113.5	89.0	88.5	123.0	122.5
Tiamina	3.84	4.78	1.9	1.27	0.88	0.9	0.99	1.14
Riboflavina	1.14	1.0	0.43	0.45	0.31	0.36	0.39	0.49
Niacina	20.0	18.98	10.57	9.95	7.68	6.9	10.15	10.11

FUENTE: (Bressani y Scrimshaw, 1958).

La nixtamalización disminuye el contenido general de nutrientes, según estudios de Bressani y colaboradores en 1958, siendo esta pérdida mayor en maíz blanco que en maíz amarillo. Naturalmente estas conclusiones sólo son válidas para las variedades guatemaltecas estudiadas.

Se ha hablado mucho de la pérdida de nutrientes del maíz durante la nixtamalización, pero este proceso se cree que ayuda a que mejore su calidad nutricional. Bressani y colaboradores en 1958, realizaron estudios sobre el efecto de la nixtamalización en los nutrientes del maíz. En la Tabla VIII, se enlistan los aminoácidos del maíz, tortilla, masa deshidratada o harina, comparados con el huevo y el patrón de la FAO y se da un porciento de cambio entre el maíz y la tortilla que está causado por el proceso. En ella se aprecia el cambio notable en la disminución de leucina, lo cual es muy ventajoso puesto que en el maíz la relación isoleucina/leucina es de 1.45 debiendo ser de 1, lo que causa un desbalance aminoacídico que afecta el paso de triptofano a niacina. Esta disminución de leucina está dada porque con la cal se disminuye la disponibilidad de zeína, reduciéndose la desproporción isoleucina/leucina (Bressani y Scrimshaw, 1965; Cravioto y Cervantes, 1965).

En la Tabla IX se presentan algunos resultados de análisis bromatológicos comparativos entre la harina de maíz nixtamalizada comercial y de laboratorio, soya y garbanzo.

TABLA VIII. CONTENIDO DE AMINOACIDOS DEL MAIZ, TORTILLA, HARINA, COMPARADOS CON EL HUEVO Y EL PATRON DE LA FAO

AMINOACIDOS	MAIZ g/100g	TORTILLA g/100g	HARINA DE MAIZ g/g N	HUEVO g/g N	FAO g/g N
Isoleucina	0.36	0.40	.252	.415	.270
Leucina	1.05	0.87	.752	.550	.306
Lisina	0.26	0.26	.270	.192	.400
Metionina	0.17	0.17	-	.196	.144
Cistina	0.09	0.08	-	.146	-
Fenilalanina	0.32	0.34	-	.361	.270
Tirosina	0.34	0.35	-	.269	.180
Treonina	0.26	0.18	.241	.311	.180
Triptofano	0.043	0.048	.028	.103	.090
Valina	0.39	0.43	.290	.464	.270

FUENTE: Bressani y Scrimshaw, 1965; Cravioto y Cervantes, 1965.

TABLA IX. ANALISIS BROMATOLOGICO DE MATERIAS PRIMAS (%).

	HUMEDAD	CENIZAS	GRASA	PROTEINA	FIBRA CRUDA	CARBOHIDRATO
Harina de maíz nixtamalizada comercial (MINSAL)	10.52	1.46	4.12	9.032	2.75	72.01
Soya	9.33	6.27	20.82	31.580	8.10	23.90
Maíz	12.74	1.12	3.73	9.190	3.19	29.97
Garbanzo	9.81	3.16	6.15	20.790	4.66	55.44
Harina soya (Finako)	6.40	7.19	3.24	40.640	4.77	37.76
Harina soya desengrasada	6.33	6.46	1.46	39.670	4.2	41.88
Harina nixtamalizada de laboratorio	10.68	1.33	2.65	9.330	2.21	73.80

FUENTE: Lira de Garay, 1982

En la Tabla X se muestran diversos contenidos de nutrientes, así como en la Tabla XI en maíz y derivados.

TABLA X. CONTENIDO DE NUTRIENTES EN TORTILLAS COMERCIALES (%).

MUESTRA	HUMEDAD	CENIZAS	PROTEINAS	GRASA	FIBRA CRUDA
A	38.78	1.61	8.92	1.30	0.44
B	43.71	1.68	9.06	1.36	0.46
C	42.54	1.77	8.81	1.33	0.43
D	41.99	1.73	10.10	1.65	0.49
Promedio	41.75	1.69	9.22	1.41	0.45

FUENTE: (Lira de Garay, 1982)

Se ha encontrado que durante el proceso de elaboración de la tortilla la solución de hidróxido de calcio y el proceso de cocimiento claramente decremanta el contenido de todos los nutrientes del maíz; con excepción de las sales minerales de calcio, hierro y fósforo.

TABLA XI. CONTENIDO DE NUTRIENTES DURANTE LA PREPARACION DE TORTILLAS.

COMPONENTE	MAIZ		NIXTAMAL		MASA		TORTILLA	
	A	B	A	B	A	B	A	B
g/100 g								
Humedad	15.0	-	45.5	-	51.9	-	38.9	-
Nitrógeno	1.19	1.40	0.74	1.36	0.65	1.35	0.84	1.37
Cenizas	1.17	1.38	0.92	1.69	0.81	1.69	1.03	1.69
mg/100 g								
Calcio	8	9	120	220	108	224	131	214
Fósforo	242	285	180	330	154	320	195	320
Hierro	3.2	3.8	2.1	3.9	2.1	4.2	2.8	4.5
Caroteno	0.45	0.53	0.24	0.44	0.21	0.44	0.19	0.31
Tiamina	0.38	0.44	0.21	0.39	0.19	0.39	0.18	0.29
Riboflavina	0.08	0.09	0.05	0.09	0.05	0.10	0.05	0.08
Niacina	1.55	1.82	0.80	1.47	0.70	1.46	0.89	1.46

A= Base húmeda, B= Base seca. Se utilizó maíz amarillo.

FUENTE: (Paredes y Saharópulos, 1983).

En algunos estudios que se han realizado, se ha observado que durante el proceso de elaboración de las tortillas, en el caso del maíz amarillo, se encontró que cerca del 40% del caroteno se pierde, y se observan algunas pérdidas en la tiamina y tam-

bién en niacina. Mientras tanto, se incrementa el contenido de calcio y aproximadamente 3.4% del nitrógeno que originalmente es taba presente en el grano se pierde en el licor de cocimiento, conocido como nejayote*.

El tipo de endospermo es un factor sobresaliente para la calidad de las tortillas. Variedades con altas proporciones de endospermo duro requieren tiempos de cocimiento más prolongados que las variedades harinosas (Paredes y Saharópulos, 1983).

1.7.5 CARACTERISTICAS REOLOGICAS

Una vez elaboradas las tortillas se someten a pruebas de consistencia y textura, las cuales se realizan por apreciación personal subjetiva mediante un jurado que determina las siguientes características (Cortés y Wild, 1972) o usando aparatos de medición, tales como el Instron o los viscosímetros Brabender (Bazúa y colaboradores, 1979; Alarcón y colaboradores, 1985).

Se han llevado a cabo estudios con los cuales se demuestra la influencia que presenta la variedad del maíz utilizado en la elaboración de las tortillas y harinas y por consiguiente en sus propiedades. Un ejemplo representativo es el que

*Palabra de origen náhuatl (etimología en la pág. 133).

se expone en las Tablas XII, XIII y XIV.

En la Tabla XII se indican las características del grano de maíz crudo y del nixtamalizado. Los granos de tipo cristalino (1 al 14) son muy parecidos en sus porcentajes de humedad y dureza, el pH, color, tiempo de nixtamalización, volumen de nixtamal y rendimiento de masa. El maíz tipo amiláceo (15) tiene una dureza y un pH menor.

En la Tabla XIII se expresa la composición química de las harinas nixtamalizadas producidas por maíces de diversas variedades. Durante la nixtamalización, el maíz pierde proteína, fibra cruda y extracto etéreo. El calcio aumenta 5 veces más aproximadamente, con lo cual las cenizas aparecen más elevadas.

En la Tabla XIV se presentan los resultados de la composición de harina de maíz, se observa mayor contenido de humedad en la harina de grano amiláceo (muestra 15) siendo menor en promedio en la harina de grano cristalino (1 al 14).

TABLA XII . CARACTERISTICAS DEL GRANO DE MAIZ CRUDO Y NIXTAMALIZADO.

MUESTRA No.	C R U D O					N I X T A M A L I Z A D O		
	HUMEDAD %	DUREZA %	PESO/HI Kg/HI	COLOR	TIEMPO DE NIXTAMA- LIZACION MIN	VOLUMEN DE NIXTA- MAL DE UN KG DE MAIZ LITROS	RENDIMIENTO DE MASA DE UN KG DE MAIZ KG	HUMEDAD DE LA MASA %
1	9.0	57.3	72.2	Blanco	60	2,350	2,000	58.0
2	8.10	57.8	74.4	Blanco	60	2,300	2,050	55.0
3	9.73	59.0	67.0	Blanco	60	2,400	2,150	58.5
4	9.56	60.0	68.0	Blanco	60	2,375	2,175	57.1
5	9.20	59.5	69.5	Blanco	60	2,250	2,150	69.5
6	9.46	60.0	77.5	Blanco	60	2,200	2,175	66.5
7	9.88	58.0	71.4	Blanco	60	2,155	2,140	56.0
8	8.80	60.0	74.9	Blanco	60	2,140	2,155	54.0
9	9.46	59.8	71.6	Blanco	60	2,350	2,050	55.0
10	8.35	60.5	73.5	Blanco	60	2,200	2,100	55.0
11	9.46	58.5	71.7	Blanco	60	2,450	2,150	55.0
12	8.35	63.0	74.4	Blanco	60	2,350	2,150	54.0
13	9.00	58.0	63.5	Blanco	60	2,350	2,150	58.0
14	8.83	59.0	69.0	Blanco	60	2,300	2,130	58.0
15	10.46	33.8	69.6	Blanco	30	2,650	2,425	55.0
16	6.45	52.3	56.0	Crema	60	3,050	2,800	67.0
17	10.67	67.5	74.8	Crema	40	2,600	2,350	59.0
18	10.10	72.5	84.5	Oro	75	2,500	2,400	52.0

REFERENCIA: Cortés y Wild-Altamirano, 1972.

TABLA XIII. COMPOSICION DE LA HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO.

MUESTRA No.	HUMEDAD %	CENIZAS %	PROTEINA TOTAL (N por 6.25)	FIBRA CRUDA %	EXTRACTO ETereo %	CARBOHIDRATOS %	CALCIO mg Ca/100g
<u>Minsa</u>	9.4	1.7	10.4	2.5	4.7	71.3	95
1	6.7	2.1	9.9	1.9	4.8	75.4	90
2	6.2	2.1	9.8	2.1	4.9	74.9	90
3	7.1	2.3	11.3	1.5	5.0	72.7	114
4	7.5	2.3	10.5	1.6	5.5	72.6	109
5	7.2	2.3	9.2	1.8	4.5	75.0	113
6	7.1	2.3	8.5	1.9	4.9	75.3	128
7	6.8	2.1	11.4	1.9	5.0	72.8	98
8	7.1	2.1	9.8	2.1	5.2	73.7	124
9	5.7	2.5	10.8	1.9	4.5	74.5	169
10	6.8	2.3	10.4	2.2	4.6	73.7	163
11	7.7	2.3	10.3	1.9	4.4	73.4	103
12	7.6	2.3	11.3	2.0	4.8	72.0	103
13	7.5	2.2	10.5	2.2	5.3	72.2	126
14	7.8	2.3	9.3	2.2	5.5	71.8	116
15	6.8	2.5	9.0	1.5	0.9	79.5	143
16	7.5	2.9	12.7	2.6	3.0	71.3	160
17	6.6	2.2	13.4	2.0	5.2	70.6	140
18	7.5	2.3	18.8	2.1	3.7	71.7	128

REFERENCIA: Cortés y Wild-Altamirano, 1972

TABLA XIV. COMPOSICION DE LA HARINA DE MAIZ CRUDO.

MUESTRA No.	HUMEDAD %	CENIZAS %	PROTEINA TOTAL (N por 6.25) %	FIBRA CRUDA %	EXTRACTO ETEREO %	CARBOHIDRATOS %	CALCIO mg Ca/100g
1	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3	8
2	11.1	1.7	10.1	2.6	5.7	68.8	8
3	10.4	1.8	11.5	1.7	5.9	69.4	7
4	10.0	1.9	11.8	1.8	6.6	67.9	7
5	9.8	1.7	10.2	1.9	3.9	72.5	7
6	9.4	2.0	8.7	2.5	2.5	74.9	7
7	8.9	1.7	11.5	2.2	5.4	70.3	8
8	8.8	1.7	10.0	2.4	5.8	71.3	8
9	9.0	1.5	11.2	2.2	5.0	71.1	7
10	8.9	1.5	11.0	2.4	5.5	70.7	7
11	9.9	1.5	11.5	2.2	5.5	69.4	8
12	9.8	1.6	11.4	2.5	5.7	69.0	8
13	10.0	1.5	10.9	2.4	5.4	69.8	8
14	9.2	1.6	9.4	2.5	5.8	70.5	8
15	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8	8
16	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3	7
17	10.4	1.7	14.0	2.2	6.8	64.8	6
18	10.4	1.6	13.3	2.8	4.6	67.3	9

FUENTE: Cortés y Wild-Altamirano, 1972.

Las cenizas y los carbohidratos aumentan en granos amiláceos. Asimismo la proteína total, fibra cruda y extracto etéreo disminuyen y aumentan en granos de maíz palomero comercial (muestra 18) llegando a un valor máximo en el palomero toluqueño (muestra 17) (Cortés y Wild-Altamirano, 1972).

En la Tabla XV se presentan las variedades utilizadas en los estudios mencionados.

TABLA XV. VARIEDADES CRIOLLAS E HIBRIDAS DE MAIZ ESTUDIADAS.

MUESTRA No.	VARIEDAD	RAZA (NOMBRE CLAVE)	TIPO	PROCEDENCIA	ZONA DE CULTIVO Y CARACTERISTICAS DE LA COSECHA
1	Criolla	V-15 (Tol. 68)	Cristalino	Toluca, México	Tropico húmedo
2	Híbrida	VS11.F2. (68)	"	"	"
3	Criolla	Zapalote Chico (69APL)	"	Juchitán, Oax.	"
4	Híbrida	Zapalote Grande(69APL)	"	"	"
5	Criolla	Criollo del Copital	"	Copital, Ver.	Trópico seco
6	Híbrida	H-507.F2	"	Cotastla, Ver.	"
7	Criolla	C. de Villagrán (65)	"	Roque, Gto.	Bajfo de temporal
8	Híbrida	H-220.F2 (65)	"	"	"
9	Criolla	Celaya 11.F2 (66R)	"	"	"
10	Híbrida	H-366.F2 (66R)	"	"	"
11	Criolla	Chalco Chico (59-68)	"	Toluca, Méx.	Mesa Central de Temporal
12	Híbrida	H-28 (67)	"	"	"
13	Criolla	Chalco (68)	"	"	"
14	Híbrida	H-129 (68)	"	U.S.A.	"
15	Criolla	Cacahuazintle	Amiláceo	-	Trópico húmedo
16	Criolla	Dulce	Dulce	-	"
17	Criolla	Palomero Toluqueño (59)	Reventador	-	"
18	Híbrida	Palomero Comercial	Reventador	-	"

Variedades donadas por la Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.

FUENTE: Cortés y Wild-Altamirano, 1972.

2. PROCESAMIENTO DEL MAIZ

2.1 TECNICAS DE COCCION DEL MAIZ EN MESOAMERICA.

2.1.1 ANTECEDENTES HISTORICOS.

Las evidencias indican que el consumo del maiz como principal alimento ha sido constante a partir del momento en que se inició el establecimiento de núcleos de población en lo que hoy es México. El maiz ha hecho posible la supervivencia y reproducción biológica de la sociedad mexicana.

En Norteamérica, México fue la zona en que el desarrollo agrícola llegó a su mayor nivel.

La Cuenca del Valle de México es el lugar de origen de las tres plantas alimenticias más importantes de la parte norte del continente: maiz, frijol y algunas especies de calabazas. México, según Cohen (1981). también tiene la historia arqueológica de domesticación más larga de Norteamérica y es la única parte del continente en que se puede defender con argumentos claros, el desarrollo independiente y autóctono de la tecnología agrícola.

El proceso de domesticación del maiz propició el surgimiento de aldeas sedentarias, y el desarrollo de variedades más productivas.

El hombre entró en América por primera vez, hace unos 60,000 años, cruzando el estrecho de Behring, en el noroeste de Alaska. En el transcurso del tiempo avanzaron cada vez más al sur, hasta llegar al extremo meridional de Chile, donde según evidencias arqueológicas, hace 9,000 años, sus habitantes se alimentaban de caballos salvajes. Los grupos que se instalaron en el suroeste de Estados Unidos, por diversas causas abandonaron la caza mayor. Acechaban animales pequeños y obtenían la mayoría de sus alimentos recolectando plantas silvestres y granos. Según los arqueólogos, esas gentes legaron a la posteridad metates y manos de metate que utilizaban para convertir los granos en una comida agradable al paladar. Durante mucho tiempo, cazadores y recolectores fueron vecinos pero independientes.

Tiempo después, hace unos 8,000 años, los recolectores empezaron a interferir con éxito en el proceso de siembra de las plantas.

En las zonas cálidas y húmedas del sur de Mesoamérica, la técnica predominante fue la reproducción vegetativa, por esquejes o hijos, en donde no intervienen las semillas. Las cosechas que se obtienen de estos cultivos son ricas en féculas y azúcares y pobres en proteínas y grasas. Los productos principales son la yuca (*Manihot utilisima*), y el camote (*Ipomoea batatas*).

La otra técnica mesoamericana que corresponde a las tierras altas, es el cultivo de granos. Este sistema, probablemente descubierto por los recolectores fue el que dió origen a un establecimiento más fructífero.

En efecto, hace unos 3,500 años, el cultivo de plantas, especialmente el maíz, ya no era un fenómeno marginal, sino el medio de vida esencial. Sus cultivadores eran completamente sedentarios; vivían en pueblos y sus casas estaban construidas con varas recubiertas de arcilla o lodo, cubiertas con caña y paja, como los jacales de hoy.

El equipo empleado en la preparación del maíz era idéntico al de cualquier familia indígena actual; un metate* sobre el que se molía el maíz previamente sometido a procesos de calentamiento para transformarlo en harina o en una masa usando la mano de piedra del metate, y el comal* sobre el que se cocinaban al fuego las tortillas. Hasta la fecha se usan los nombres de estos instrumentos derivados del náhuatl, la lengua dominante en Mesoamérica: Metate, de mētlatl, piedra donde se muele el maíz; metlápil o mano del metate, de metlapilli hijo o apéndice del metate (mētatl y pilli, niño o apéndice); comal, de comalli, disco de barro cocido ligeramente cóncavo que se coloca sobre

* Palabra de origen náhuatl (Etimología en la pág. 133).

tres piedras que en triángulo constituyen el fogón o tlecuil (tletl, fuego o lumbre y cuitzilli, torcido) y se conocen como tenamaztle o tenamaxtle (tetl, piedra y namictli, casado o unidos).

Los principales instrumentos de cultivo eran el hacha de piedra y un bastón de madera cuya punta se endurecía al fuego llamado coa (esta palabra es de origen taíno como maíz y no de origen náhuatl), que todavía se utiliza. La mayoría de la gente fabricaba los instrumentos de cultivo o de otros usos necesarios en la vida diaria.

En determinado grado, las civilizaciones estuvieron relacionadas con el cultivo del grano y con su preparación, almacenamiento y uso. La amplia variedad de metates, morteros, instrumentos de labranza, ollas, comales, etc., demuestran hasta qué punto era importante el maíz.

2.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRODUCTOS DE MAÍZ.

Las técnicas para convertir el maíz en un alimento y las comidas que con él se preparaban eran muy diferentes. En algunas zonas, el maíz fue el alimento complementario, como en la región de los Andes. En otros cumplió una función de primera importancia, como entre las tribus sedentarias del norte y centro del continente.

Una forma muy importante de elaborar los cereales es la de someterlos a una fermentación posterior a la molienda, proceso que origina varios efectos. La fermentación es un proceso microbiano que transforma a un azúcar en otro compuesto químico con mayor energía.

Las levaduras son los organismos que hacen esta tarea. Uno de los efectos de la fermentación es el mejoramiento de la calidad de las proteínas ya que la propia masa microbiana representa una fuente de proteínas y otros nutrientes de alta calidad.

Durante la fermentación hay otros procesos secundarios que tienen efecto importante sobre la calidad de los granos como alimento (la producción de enzimas y otros metabolitos).

Otra forma de procesar los granos es cocinarlos, ya sea tostándolos o hirviéndolos. El calor ocasiona varios cambios importantes: transforma los carbohidratos y proteínas, mata microbios patógenos y desnaturaliza las proteínas tóxicas.

Sin embargo, aún después de esos procedimientos, los granos continúan siendo deficientes en proteínas, grasas y micronutrientes, por lo que deben ser complementados con otros alimentos. Una forma de complementarlos es con frijoles u otras legu-

mínimas que contienen algunos de los nutrientes en los que el maíz y otros cereales son deficientes.

El maíz presenta limitaciones similares a las de otros granos. Algunas de sus características peculiares obligaron a los pueblos que hicieron de él su sustento a buscar soluciones específicas, como la nixtamalización (la palabra nixtamalización es una castellanización del vocablo náhuatl que proviene de nextli, cenizas o cal y tamalli, masa de maíz cocido y es un proceso que consiste en cocción del grano de maíz en una solución diluida de cal en una olla de barro específica conocida como niscómil, de nextli, cenizas o cal y comitl, olla), para hacerlo más digerible.

Las evidencias arqueológicas demuestran que desde el origen de la civilización mesoamericana, el maíz se trata con cal. En algunas comunidades se usaban conchas de ostión y de caracol como fuente de este mineral. Esta práctica subsistió entre los chontales de Tabasco, quienes afirmaban que la cal de ostión era superior a la de la piedra.

Las sociedades mesoamericanas tenían muy pocos animales domésticos por lo que acudían a la caza y a la pesca y a diversos insectos y reptiles. Era una gran variedad de platillos los que elaboraban, que a fines del siglo XVI, Francisco Hernández

(1959), enlistó 17 tipos de atoles*. Los hacían con miel, aguamiel, chile*, tomate* y cacao*, también lo preparaban agrio, con chile y miel, con tortillas y frijoles, con epazote, chia, tunas y huastle* (amaranto o alegría, *Amaranthus pediculatus*, Var. *leucocarpus*, Saff; del náhuatl huautli, bledo), y en diversas combinaciones.

En lo referente a las tortillas, Sahagún (1958), enlistó seis tipos, agregando las que en forma común o para ceremonias especiales se producían en Oaxaca y la zona maya.

En la cocina indígena destaca la importancia del pozol* (del náhuatl pozonalli, cosa espumosa), una bebida agria, refrescante y muy nutritiva. Para prepararlo se envuelve el nixtamal en hojas de plátano o de totemoxtle (de totomochtli*, hojas secas que envuelven la mazorca de maíz) y se esperan unos días. Cuando la masa ya está agria se diluye en agua y se toma como refresco. El valor nutritivo del pozol es mayor que el de nixtamal, debido al enriquecimiento en aminoácidos y vitaminas producido por la fermentación. Al igual destaca en importancia el chorote* (de xococ, ácido, átl, agua; mezcla de cacao y maíz) bebida tradicional de los chontales de Tabasco.

* Palabras de origen náhuatl (Etimología en la pág. 133).

En la cocina popular mexicana se conocen gran diversidad de guisos a base de maíz como el pozole*, esquites*(de izquiltl, maíz tostado), tacos, garnachas y sopes; tamales*en hoja de maíz (totomoxtle*) o de plátano, asados, hervidos o al vapor; atoles* (de atl, agua y tlaoli, maíz molido), panuchos, picadas, salbutes, papadzules, etc.

La enorme diversidad de estos platillos elaborados con maíz es una demostración más de la riqueza cultural, de la inventiva y de la adaptabilidad de una cultura al consumo de un grano, constituyendo en la actualidad una de las cosechas más importantes del mundo y una de las pocas posibilidades de eliminar el hambre actual y la del futuro.

2.1.3 EVOLUCION DE LAS TECNICAS DE COCCION

Las técnicas del proceso alcalino fueron desarrolladas independientemente por diferentes sociedades o difundidas al unísono con el cultivo de maíz en las Américas.

La cal como fuente de álcali, se encontró predominantemente en Mesoamérica y esporádicamente en el suroeste de los Estados Unidos. Las cenizas y lejía como fuente de álcali fueron usadas en otros lugares. Este factor puede tener significado ecológico tomando en cuenta la presencia y aprovechamiento

* Palabras de origen náhuatl (Etimología en la pág. 133).

de las piedras de cal.

Tales evidencias indican que el maíz llega como una parte que se hace extensiva a la dieta, únicamente cuando las técnicas de cocimiento alcalino son usadas (Katz y colaboradores, 1974).

Recientemente se observó que los lacandones de Chiapas después de comer moluscos de agua dulce, quemaban las conchas y usaban las cenizas como una fuente de álcali.

Esta práctica puede tener importantes implicaciones arqueológicas en otras áreas selváticas de Yucatán y Guatemala donde las fuentes naturales de piedras calizas son aprovechadas pero pueden no ser usadas porque los álcalis hechos de conchas son preferidos.

En la región maya se han encontrado restos de esqueletos humanos que presentaban una disminución en tamaño, de la época del Preclásico hasta los tiempos del Clásico (A.C. 550 a 900) y un creciente problema de desnutrición que se demostró en análisis radiológicos de esqueletos. Se atribuyeron esos hallazgos a grandes problemas de desnutrición por altas densidades de población y disminución de fuentes de proteínas de alta calidad de la caza salvaje. Igual desnutrición y grandes densidades de

población se presentaron en el Valle del Río Belice.

En resumen, la evidencia de pequeños esqueletos de anímal y conchas de caracol sugieren que hubo una disminución paralela en esas dos fuentes de proteínas y que esa decadencia se debió probablemente a un exceso de consumo en las regiones donde las densidades de población fueron ascendiendo más allá de las capacidades de los ecosistemas para resistirlos. Si la disminución de caracoles estuvo también asociada con una disminución en el aprovechamiento de conchas para producción de álcalis en esas áreas donde otras fuentes de álcalis, tales como piedras calizas, eran escasas, entonces tales acontecimientos podrían haber tenido serias implicaciones para esas sociedades que debieron haber dependido del maíz como la principal fuente proteico-calórica de su dieta.

Los tarascos muelen el maíz en el metate con bicarbono de soda para prevenir la constipación.

Bennet y Zingg (1935), son algunos de los antropólogos que mencionan la importancia cultural del tratamiento alcalino. Ellos comentan que el cocimiento con álcalis "es una técnica esencial para la preparación del maíz", la cual ha emigrado hacia el norte con la difusión del cultivo del maíz.

2.2 PROCESOS ACTUALES

2.2.1 PROCESO TRADICIONAL

La llegada de los españoles a México modificó en algunos aspectos el régimen alimentario. Estos quisieron imponer sus costumbres desterrando al maíz y cultivando el trigo. Pronto se dieron cuenta de lo fútil del intento, no sin causar serios estragos en la población. Después de casi 500 años, el maíz sigue siendo el alimento básico del pueblo mexicano y su principal forma de consumo es la tortilla.

A pesar de que la tortilla es el alimento básico en México y otros países latinoamericanos, la tecnología tradicional aplicada a su elaboración es totalmente empírica y no ha sufrido cambios apreciables.

A continuación se describe el proceso tradicional (Sahagún, 1529-1590):

Para elaborar las tortillas, se pone a hervir en una olla una lechada de cal, con una concentración aproximada de 1.5% (peso o volumen de agua), cuando esta solución se encuentra hirviendo, se adiciona el maíz en proporción de una parte de maíz y dos partes de agua. El tiempo de tratamiento depende de la raza de maíz empleado, el cual puede variar de 30 a 50 minutos.

Después de ese tiempo, la olla (niscómil*) se retira del fuego y su contenido se deja enfriar y reposar por espacio de 8 a 12 horas.

Al término del tiempo de reposo, el nixtamal* se cuele en una cesta calada, eliminándose el líquido sobrenadante (nejáyotl*) y en el mismo recipiente se lava el nixtamal* con agua con el fin de eliminar el exceso de cal. Ya lavado, se muele en un metate* utilizando una piedra en forma cilíndrica y oblonga (metlápil*) hasta obtener una masa desmenuzada.

Con esta masa se hacen bolitas (textal*) que se aplanan entre las manos para elaborar las tortillas. Una vez formadas las tortillas se ponen a cocer en un comal* durante 30 segundos de cada lado (Trejo y Wild, 1982).

2.2.1.1 MOLINOS DE NIXTAMAL

La molienda de nixtamal se puede realizar por dos métodos; manual y mecánico. El proceso manual se emplea sólo en el medio rural.

El crecimiento de la población urbana ha provocado que

*Ver etimología en la pág. 133.

la transformación del maíz en masa de nixtamal y en tortillas de jara de ser manual y se mecanizara de algún modo. Así, se han ido introduciendo desgranadoras, molinos de nixtamal y tortilladoras, que actualmente se usan en todo el país.

Desde 1884, año en que se inventó la primera máquina tortilladora, hasta la mitad de la década de los cincuentas, cuando se diseñaron las máquinas "Celorio" y "Verástegui" que revolucionaron la producción industrial de tortillas, todas las máquinas que fabricaron empleaban uno de dos mecanismos: el sistema de presión con prensa de las máquinas comúnmente llamadas "aplastón" y el de laminación o aplanado con rodillos.

En el primer sistema no se logró mecanizar completamente la producción de tortillas. La fase de cocimiento nunca se integró al diseño de las máquinas.

El sistema de presión con prensa consiste en someter a una porción de masa a la presión de dos superficies rígidas y planas, cubiertas con tela de polietileno, ahulada o de manta para poder despegar la masa, ya extendida y hecha tortilla.

Son prensas simples de metal o madera que aún se usan.

En el sistema de laminado sí fue posible integrar la

fase de cocimiento. Las máquinas de este tipo se caracterizan por tener una tolva donde se deposita la masa, dos rodillos de metal o de plástico que la laminan, y un rodillo con cortador de tipo troquel que forma las tortillas.

La deficiencia del sistema laminado radica en que no hay manera de compactar bien la masa, por lo que produce tortillas burdas y porosas.

En cuanto a los molinos de nixtamal se registraron muchas patentes para varios tipos de estos, manuales, portátiles, fijos, mecánicos, de muelas de piedra o discos de hierro.

El proceso industrial en los molinos de nixtamal se inicia con la limpieza a través de cribas o harneros, para llevarlo después a ollas o tinas con capacidad de 450 a 750 Kg, se le adiciona cal hidratada o viva a razón de 7 g aproximadamente por Kg de maíz, y se cubre con agua caliente a una temperatura de 90 a 93°C. Posteriormente se mezcla en forma mecánica durante 8 a 15 minutos y después se deja reposar de 2 a 3 horas.

Al término del tiempo de reposo y para comprobar que el nixtamal está bien cocido, basta con frotar fuertemente un grano entre los dedos y que el hollejo o pericarpio se desprenda en su mayoría. Una vez comprobado el grado necesario de

cocción del nixtamal, se procede al lavado.

En la molienda mecanizada se emplean molinos de discos o piedras, ya sea accionados manualmente o mediante motores eléctricos o de combustión interna.

En la actualidad, el uso de molinos de discos metálicos estriados sólo da resultado en pequeños artefactos de manivela que también se emplean para otros usos en el hogar, prácticamente en sustitución del "metate".

Para procesos de molienda mecanizada del nixtamal predomina el uso de piedras volcánicas, cuyos diámetros fluctúan entre 0.15 y 0.35 m. Los bancos de molienda son accionados mediante motores eléctricos o de combustión interna, variando su potencia entre 5 y 30 HP, según el diámetro de las piedras a utilizar y el volumen de materia prima a procesar.

La masa obtenida deberá ser homogénea y con un aglutinamiento apropiado para que la tortilla no resulte quebradiza. A esta característica se le conoce en la jerga comercial como correa.

Al tratar el maíz con cal se le transforma física y químicamente. Primeramente, el proceso desprende el pericarpio,

película transparente que cubre el grano. Además, provoca importantes cambios químicos de importancia molinera. Los almidones y las matrices proteicas se modifican haciendo que la masa resultante de la molienda sea maleable. La molienda en sí también se ve favorecida con este proceso térmico-alcalino ya que el grano absorbe casi un 100% de su peso de agua y este hinchamiento hace que la molienda sea energética y mecánicamente más eficiente. En general, la nixtamalización provoca en el maíz cambios químicos que mantienen el valor biológico de sus proteínas y permiten la asimilación de la niacina que contiene el grano (S.E.P., 1982).

En la Figura 3 se presenta el diagrama de flujo de la nixtamalización tradicional en molinos.

2.2.1.2 HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO.

Existen dos formas de producir tortillas de maíz: con masa de nixtamal y con masa de harina de maíz nixtamalizado.

La fabricación de harina de maíz nixtamalizado surgió como respuesta al problema de conservación de la masa de nixtamal que en unas cuantas horas ya no es adecuada para el consumo humano y como producto del que pueden adquirirse los volúmenes que se deseen y prepararse cada vez sólo en la cantidad requerida

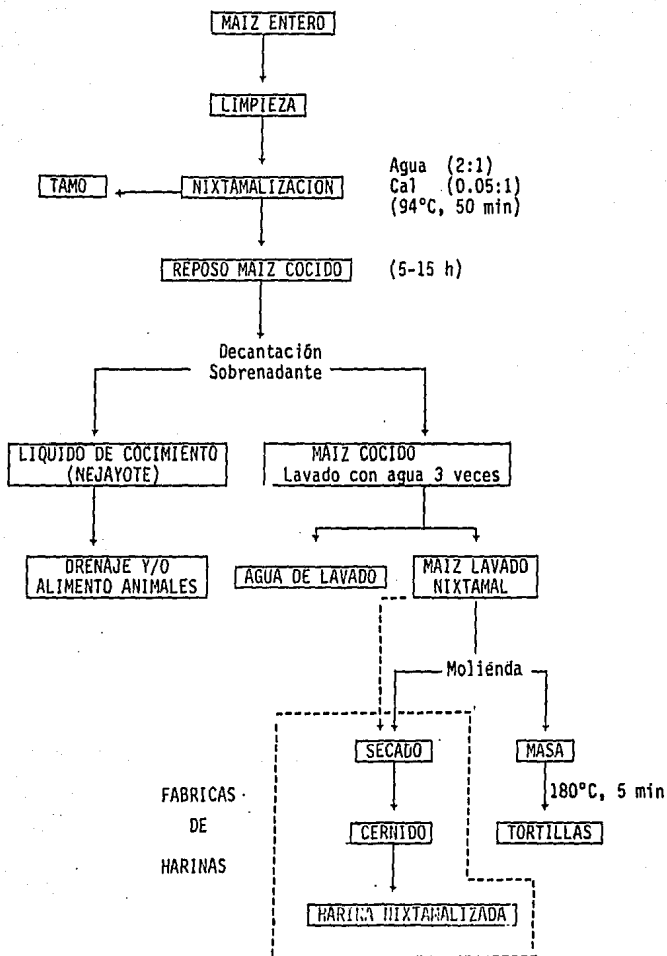


FIGURA 3. PROCESO TRADICIONAL DE NIXTAMALIZACION.

da, conservándose el resto en buen estado casi indefinidamente, aún en los climas más extremosos.

La harina de maíz tiene mayor número de consumidores en la población urbana, donde sustituye en los hogares y en las tortillerías al nixtamal en la elaboración de tortilla.

La harina de maíz se vende en bolsas de 1 Kg y sacos de 20 a 40 kilogramos. Estas últimas presentaciones se destinan para el abastecimiento de tortillerías y molinos.

A distinta escala, el proceso de producción de harina es semejante al que se emplea en los molinos de nixtamal iniciado con la limpieza y hasta la molienda, con la excepción de que en las plantas actuales han sustituido las tinas por cocedores de flujo continuo y las más recientes construidas por la CONASUPO han incorporado la peletización del nixtamal mediante extrusión en la etapa posterior al lavado para disminuir el tiempo de secado.

En términos generales el proceso consiste en los siguientes pasos (CONAIM, 1976):

1. En esta etapa se presenta la disminución de humedad y retiro de impurezas. El maíz pasa por una limpiadora con el objeto de eliminar olores y otras impurezas. Si contiene más

de 13% de humedad y debe almacenarse antes de entrar en producción, se elimina el excedente de agua por medio de una secadora.

2. El maíz limpio se pesa y envía a los cocedores en donde se lleva a cabo la maceración agregando agua en presencia de cal.

La merma que tiene lugar en esta etapa está representada por las impurezas flotantes y sólidos solubles e insolubles que se eliminan con el nejayote y agua de lavado.

3. El nixtamal así producido se desintegra en molinos de impacto y se seca con gases calientes.
4. El producto molido o harina se sujeta a un tratamiento de enfriamiento. En esta etapa de deshidratación y enfriamiento la merma que ocurre se presenta con la eliminación de agua y polvos.
5. Después de pasar por los cernidores, la harina es enviada a tolvas de almacenamiento, de donde se transporta al área de envasado y empaque.

En la Figura 4 se muestra el proceso mencionado.

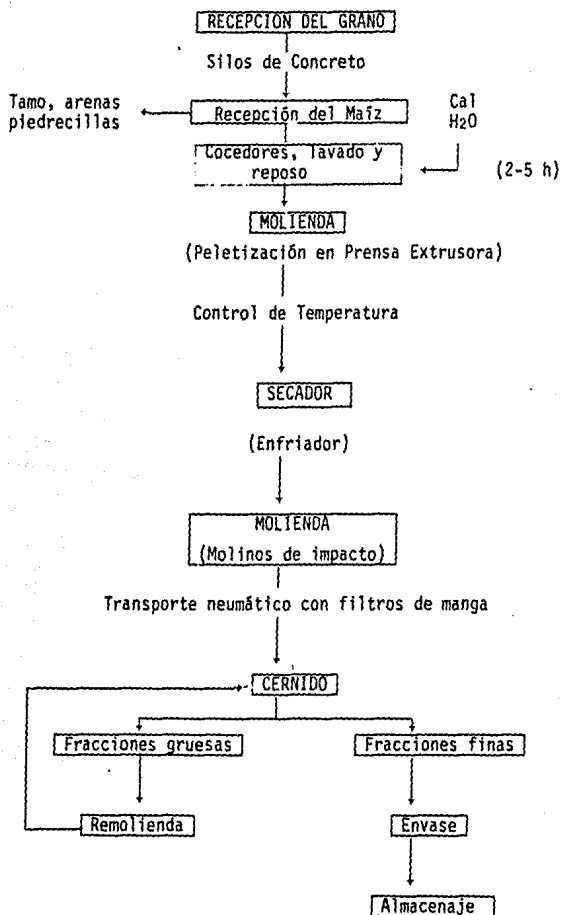


FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA PRODUCTORA DE HARINA DE NIXTAMAL.

2.2.2 MODIFICACION AL PROCESO INDUSTRIAL

Como se mencionó con anterioridad, el maíz se cosecha de 4 a 8 semanas después de haber madurado con la finalidad de obtener un grano con bajo contenido de humedad (aproximadamente 10%). De esta forma se reducen las posibilidades de descomposición microbiológica. Existen variedades que son más susceptibles a esta descomposición como las de endospermo suave (mutantes opacos y harinosos). Este problema ha sido uno de los más perjudiciales para poder adoptar estas variedades mejoradas de mayor valor nutritivo por lo que se han planteado procedimientos postcosecha para procesar estas variedades y obtener productos estables (Guerra, 1978). El problema es diseñar tecnologías que permitan procesar maíz en las áreas rurales, para que los autoconsumidores no tengan pérdidas considerables por almacenamiento ya que en México estas pérdidas llegan a alcanzar valores hasta de 25 a 35% de la producción total. Otro de los problemas que se presentan es que, durante el proceso tradicional de nixtamalización, se generan grandes cantidades de agua de de secho (nejayote) en los que se pierde gran cantidad de nutrientes.

Los procesos que se presentan en este trabajo como alternativas para mejorar la calidad nutricional, la productividad y para ahorrar energía son la extrusión y la cocción en tambores.

2.2.2.1 EXTRUSION

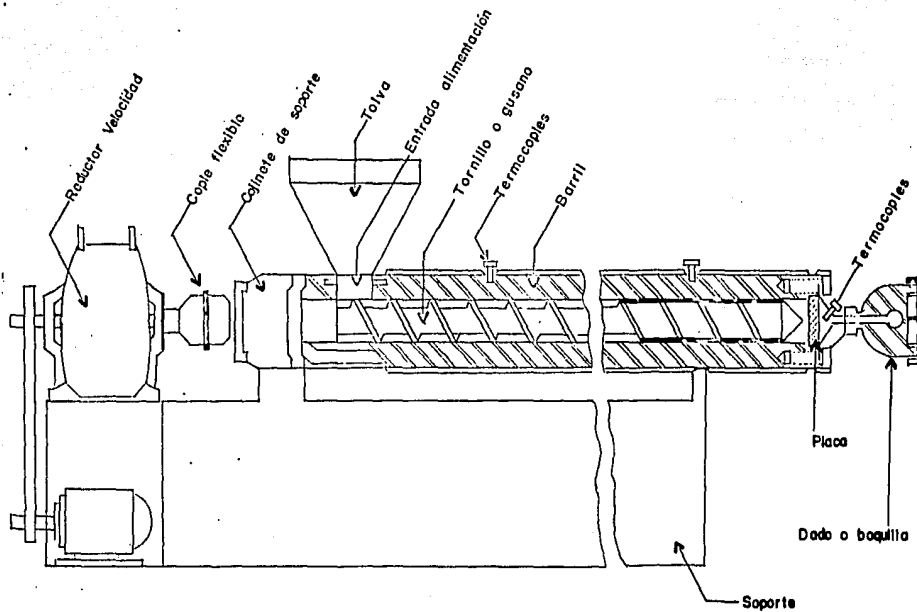
La operación definida como extrusión es el acto de texturizar o cocer un material al forzarlo a través de una boquilla o dado, conduciendo el material a la boquilla por medio de un tornillo transportador.

En la Figura 5 se muestran las partes de que consta un extrusor simple (Guerra, 1978).

- A) Tolva alimentadora.- Es por donde pasa el material al canal del tornillo. El tamaño de la tolva varía dependiendo del tipo de material, y para tener un flujo constante de material al extrusor se hace necesario tener otro tornillo alimentador.
- B) Reductor de velocidad.- Regula la velocidad del tornillo.
- C) Motor que acciona al tornillo.
- D) Cople flexible.- Para unir el reductor de velocidad y el tornillo, como medida de seguridad.
- E) Cojinete de soporte.- Es el que sostiene al tornillo o gusano.
- F) Termocoples.- Sirve para medir la temperatura dentro del barril.

FIGURA 5

ELEMENTOS DE UN EXTRUSOR



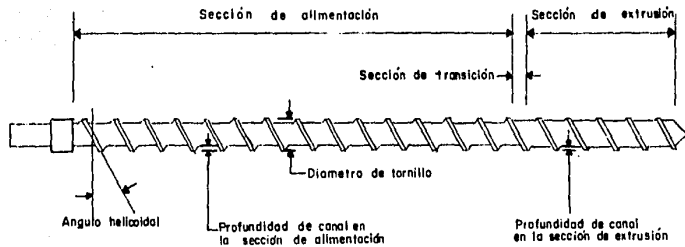
- G) Barri].- Es el que proporciona las superficies para impartir los esfuerzos cortantes al material, también sirve como superficie de transferencias para enfriar o para calentar. El tamaño de los extrusores está dado por el diámetro interno del barril, los tamaños más comunes son: 1, 1½, 2, 2½, 3½, 3½, 4½, 6 y 8 pulgadas (2.5, 3.1, 5.0, 5.6, 8.1, 8.7, 10.6, 15.0 y 20.0 cm) y su capacidad varía entre 5 y 1,000 lb/h (2 y 500 Kg/h) para 1 y 8 pulgadas (2.5 y 20 cm) respectivamente.
- H) El tornillo o gusano.- Es el corazón del extrusor, su función es transportar la materia prima y conducirla a la boquilla o dado a un gasto constante (Figura 6).

El tornillo dependiendo de su característica funcional se divide en tres secciones:

- Zona de alimentación
- Zona de transición
- Zona de extrusión, conocido en inglés como "metering section"

En casi todos los diseños de los tornillos, el área seccional del canal disminuye conforme se llega al dado o boquilla para compensar el cambio en densidad global y diferencias en la eficiencia de transporte del material crudo y cocido.

FIGURA 6
TORNILLO O GUSANO DE UN EXTRUSOR
(Bernhart 1974)



En un principio, el proceso de extrusión era utilizado en los alimentos para darles una apariencia determinada, como el caso de las proteínas de soya texturizadas pretendiendo producir análogos de la carne. Más tarde se encontró que al generarse calor por la fricción producida entre el material y el equipo, era posible cocer la materia prima y elaborar un producto que no tenía necesariamente una textura específica, como por ejemplo las harinas alimenticias preparadas con soya y maíz para complementar las dietas en niños en países subdesarrollados (Anderson y colaboradores, 1969).

El propósito de aplicación del proceso de extrusión en el maíz, es usar esta operación para cocer el maíz y producir una harina que tenga una vida de anaquel de 6 meses a 1 año y que además presente las mismas propiedades al ser rehidratada que la masa obtenida por el proceso tradicional de cocción alcalina usado en nuestro país y Centroamérica.

El grano es molido previamente y la harina o sémola obtenida (cruda), es alimentada al extrusor con agua en relación 1:1 en peso y con 0.2% de cal (en peso de harina de maíz). La masa obtenida presenta una consistencia similar a la masanixtamalizada usando un gasto de agua de 70 cm³/min y una alimentación de harina con cal de 5 g/seg. Este producto puede emplearse directamente para la elaboración de tortillas. Alimentando

una proporción menor de agua se obtiene un extrudido más seco que puede ser molido y almacenado como la harina de maíz nixtamalizado y tiene una vida de anaquel de 6 meses o más (Bazúa y colaboradores, 1976;.1977).

Uno de los aspectos importantes para la aplicación de este proceso, es el de construir un extrusor con materiales existentes en nuestro país, construyendo dos unidades alternativas, una manual o accionada con un motor de combustión interna para ser usada en las zonas rurales y otra de mayores dimensiones que trabaje con un motor eléctrico para las zonas urbanas.

Estas unidades podrían contar con una sección de molienda, otra de alimentación y otra de cocción. En la sección de alimentación se introduciría una solución acuosa de cal para que la cocción fuera alcalina y el producto (masa) pudiera ser usado inmediatamente u obtener un extrudido seco y molido otra vez para almacenarse, en forma de harina precocida, en bolsas de polietileno reusables de buena calidad (Figura 7).

2.2.2.2 COCCION DE TAMBORES

Otro de los procesos alternativos es el de la cocción del maíz en tambores, para obtener una harina de maíz instantánea para la elaboración de tortillas.

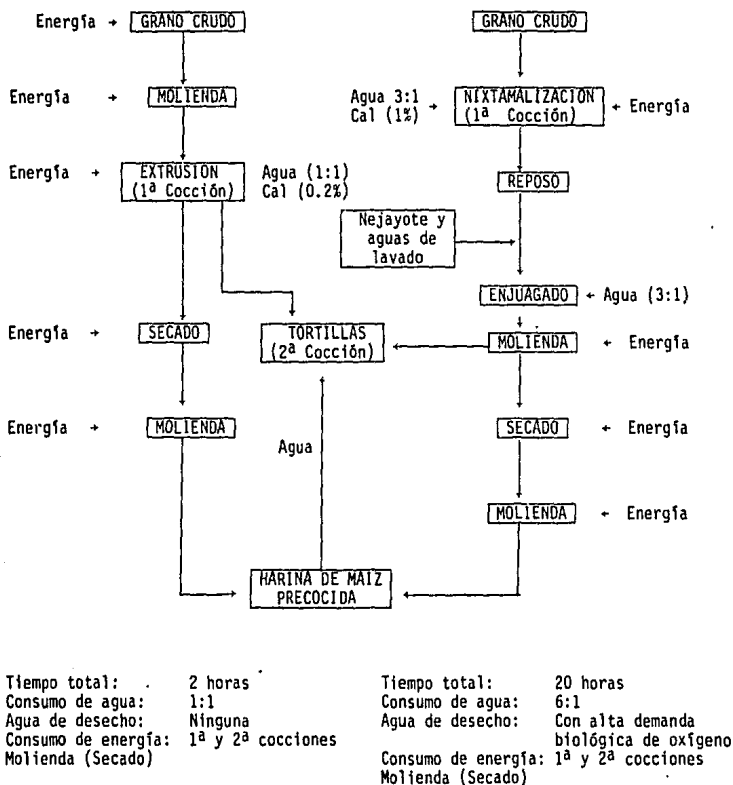


FIGURA 7. COMPARACION ENTRE EL PROCESO TRADICIONAL DE NIXTAMALIZACION Y LA EXTRUSION.

El desarrollo de este proceso fue realizado por Bressani y colaboradores (1977), en la División de Agricultura y Ciencias Alimenticias del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

El proceso consta principalmente de dos operaciones, cocción de la masa del maíz y deshidratación de dicha masa. El material que se emplea durante el proceso a escala piloto es el siguiente:

1. Maíz (variedad blanca), cosechado en tierras bajas de Guatemala.
2. Agua en proporción 3:1
3. Cal en 0.3% del peso de la harina de maíz.
4. Molino de martillo equipado con un canal de mallas.
5. Tambor de doble secado con una superficie total de 0.185 m^2 General Lood Package Equipment Corp. (G.F. Modelo 215).

El proceso se puede observar en el diagrama presentado en la Figura 8.

Los graños de maíz son primero molidos en crudo en un molino de martillos. Posteriormente, a la harina obtenida se le agrega una mezcla de agua con cal al 0.3%, el agua con respecto

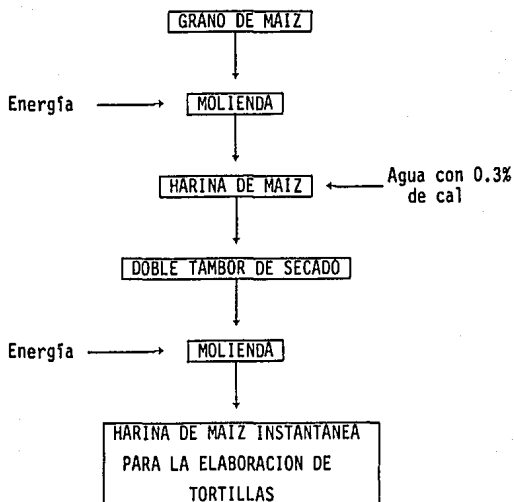


FIGURA 8. COCCION EN TAMBORES.

a la harina es de 3:1. La pasta o atole obtenida se pasa a través de un tambor de secado del que la pasta sale cocida y seca. Posteriormente el producto que sale del tambor es nuevamente molido obteniéndose la harina de maíz instantánea para la elaboración de tortillas.

Las determinaciones bromatológicas que los inventores practicaron al producto final se llevaron a cabo de acuerdo al AOAC (1970), y fueron: humedad, cenizas, fibra cruda, grasas, nitrógeno y calcio, proteínas, azúcares y lisina. Los resultados obtenidos mostraron un equilibrio adecuado del producto final comparado al que se obtiene de un proceso de nixtamalización tradicional.

2.3 PROCESO TRADICIONAL VERSUS PROCESOS MODIFICADOS

En la Figura 9 se presenta un diagrama esquemático de los tres procesos analizados.

2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE

PROCESO:

A) Tradicional (en molinos de nixtamal).

Ventajas:

- Durante la cocción alcalina, el proceso de nixtamalización ayu

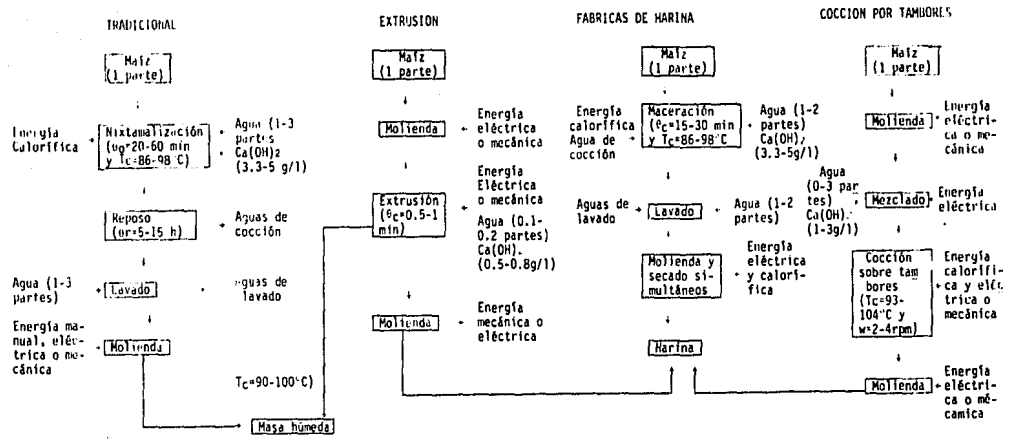


FIGURA 9. DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LOS DIFERENTES PROCESOS DE COCCION DEL MAIZ.

da a disminuir los efectos de la deficiencia de la niacina que inducen a la pelagra, ya que aumenta la relación isoleucina a leucina (Durán y colaboradores, 1977; Guerra, 1978).

- La calidad reológica de la masa y tortillas es la que por miles ha sido aceptada por los consumidores.

Desventajas:

- En este proceso se pierde del 3.5 al 4% en peso del maíz.
- Existe una reducción absoluta de la mayoría de los aminoácidos esenciales, con excepción de lisina.
- Hay otros cambios durante la nixtamalización como es el aumento de la solubilidad del nitrógeno, con lo que hay una disminución del contenido de proteínas. Asimismo, disminuyen las grasas debido a la acción que tiene el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sobre los ácidos grasos mediante una reacción de hidrólisis alcalina, dando finalmente ésteres (Guerrero y Lugo, 1980).
- Este proceso requiere un tiempo de 20 horas para la elaboración de las tortillas y un consumo de agua de 5 a 8 partes respecto a la cantidad de maíz procesada. La baja escala de operación en los molinos repercute en los costos, puesto que estos operan unas cuantas horas al día, conforme al horario alimenticio. Esto determina que los costos unitarios de produc-

ción sean tan altos que normalmente los precios de venta de la masa están en el límite máximo oficial o por encima de éste, ya que de otra forma los productos no obtendrían ganancias. En general se utilizan máquinas cuyas producciones por hora no exceden de 120 Kg de tortilla y no requieren para su operación de más de dos personas.

B) Harina de maíz nixtamalizado (MINSA, MASECA, etc.).

Ventajas:

- Existe un cocimiento uniforme, que puede variarse dependiendo de la calidad y tipo de maíz que se emplee.
- La harina de maíz nixtamalizado tiene mayor número de consumidores en la población urbana sustituyendo en los hogares y tortillerías el nixtamal en la elaboración de tortillas. Se utiliza en zonas urbanas y suburbanas cuando escasea el grano y en zonas de trabajo específicas como las de poblaciones migratorias como es el caso de cortadores de caña, pizcadores de algodón, cosechadores de melón, tomate, etc. (MINSA, 1981)
- La vida de anaquel del producto es considerablemente mayor que la de la masa. El proceso da muy buenas posibilidades para realizar el enriquecimiento proteico o nutricio del producto a este nivel o extenderlo con otros cereales, tomando en cuenta, tanto el aumento relativo de costos por dicho enriqueci-

miento como la facilidad de realizarlo a escala industrial.

Desventajas:

- La transformación de maíz a tortilla a través de la harina representa un aumento del 58% en consumo de energía eléctrica y 11% de energía calorífica, con respecto al proceso de transformación de masa a nixtamal (CONAIM, 1976).
- Las características reológicas de la masa rehidratada y de las tortillas resultantes no son las mismas de los productos obtenidos con el método tradicional. Estas características, hasta ahora, han sido desventajosas para la harina de maíz nixtamalizado y plantean rechazo por parte de los consumidores (amas de casa y tortilleras automáticas). Para mejorar la calidad reológica de la masa rehidratada es necesario agregar un exceso de cal que tiene varios aspectos negativos (color amarillo intenso en la tortilla y características reológicas adversas en la tortilla al recalentado) y uno positivo (vida de anaquel más prolongada, aún sin refrigeración).
- La generación de aguas residuales es tanto o más problemática que en los molinos de nixtamal. En el caso de los molinos los volúmenes son de 3 a 10 m³/d en promedio. En las fábricas de harina son de 500 a 2,000 m³/d y con una carga orgánica bastante mayor que la de los molinos ya que, con los ahorros programados de agua en las plantas, el agua de enjuagado no diluye

mucho el nejayote (aguas de cocción).

C) Extrusión.

Ventajas:

- La brevedad del período de cocción en los sistemas de extrusión, significa una menor destrucción del contenido de nutrientes que cualquier otro método. Asimismo, no hay pérdidas en peso de producto ya que no se tienen efluentes o residuos del proceso.
- Los productos cocidos por extrusión tienen excelentes características bacteriológicas, están libres de larvas, patógenos o salmonella, con lo que su vida de anaquel es superior a la de productos elaborados por otros métodos.
- Los alimentos precocidos por extrusión, además de eliminar el prolongado tiempo de preparación, logran una considerable economía de combustible o energéticos.
- Pueden cocerse ingredientes individuales o mezclas, lo que reduce el costo de labor y procesado, reduciendo posibles problemas de contaminación cuando los productos son cocidos separadamente y después mezclados, o los costos de realizar estas operaciones en forma aséptica. Esto implica que es posible enriquecer o extender los productos, al igual que con la harina de maíz nixtamalizado.

- En el proceso de cocción por extrusión no hay efluentes contaminantes. Requiere de espacios limitados por tonelada de capacidad de producción y un arreglo adecuado de los componentes del sistema puede reducir las necesidades de labor por tonelada de producto, haciéndola menor que en otros sistemas. El proceso tiene una gran capacidad de producción. Es un proceso económico que puede llevarse a cabo con un mínimo de labor y equipo ya que se reduce el tiempo de proceso, el consumo de cal y el agua. El tiempo total necesario para la elaboración de tortillas por el método de extrusión se reduce a 3 h.
- Los productos pueden tener diferentes densidades y texturas.
- Es un proceso que puede implementarse tanto a nivel urbano como a nivel rural. A nivel urbano el extrusor podría ser impulsado por un motor eléctrico. En zonas rurales donde se carece de energía eléctrica, podrían emplearse los modelos diseñados para operar impulsados por un motor de combustión interna.
- Se obtiene una harina precocida que se puede almacenar de 6 meses a 1 año lista para usarse, con características reológicas similares a las de los productos tradicionales (Bazúa y colaboradores, 1979; Guerra y colaboradores, 1983).

Desventajas:

- Los extrusores procesan solamente materiales granulares por lo que se requiere el paso de molijenda previa a la cocción-extrusión.
- El proceso de extrusión significa la introducción de nueva tecnología en la que puede ahorrarse la tercera parte de la energía total consumida en otros procesos pero que implica cambios substanciales en la industria molinera en México y el desplazamiento de aproximadamente 25 plantas de harina, así como de cientos de molinos con costos de capital muy considerables.

D. Proceso de secado por tambores.**Ventajas:**

- Este nuevo procedimiento, al igual que el anterior, reduce los tiempos de producción de harina para la industrialización de la tortilla.
- No genera efluentes durante el procesamiento.
- También, como en las fábricas de harina por nixtamalización o extrusión, puede enriquecerse o extenderse el producto con otros alimentos.

Desventajas:

- Posee dos operaciones que requieren de alta energía, estas son: el cocimiento y la deshidratación del maíz cocido. Estos dos pasos son los responsables en gran medida del costo del proceso.
- La cocción de la masa produce una parcial gelatinización de esta durante el proceso. La viscosidad aparente indica el grado de cocimiento del gránulo de almidón y el grado de cohesión de la masa y como las condiciones de operación en el tanbor son difíciles de controlar, el exceso de calor es nocivo para la masa y, por consiguiente, para la elaboración de tortillas y las características reológicas de estas (chiclosidad, quebrado, etc.)
- El bajo contenido de calcio en el producto sugiere una baja absorción de este componente durante el proceso.

Un resumen de este inciso se presenta en la Tabla XVI.

2.3.2 IMPORTANCIA DE LA CALIDAD ORGANOLEPTICA O SENSORIAL.

En la Tabla XVII se presenta un resumen de las características sensoriales de los productos obtenidos a partir del proceso tradicional y de los procesos propuestos tomando como control los productos obtenidos a nivel casero rural.

TABLA XVI. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS PROCESOS DE COCCIÓN.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRADICIONAL	<ul style="list-style-type: none"> -Produce modificaciones en los almidones y las matrices proteicas que mejoran las propiedades reológicas de masas y tortillas. -Mejora el valor nutritivo de las proteínas del maíz que permanecen en el grano. 	<ul style="list-style-type: none"> -Pérdidas de 3.5-4% en peso del maíz. -Disminución global de aminoácidos. -Consumo de hasta 6:1 partes de agua. -El proceso dura hasta 20 hs. -Genera efluentes altamente contaminantes.
HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA (MILSA)	<ul style="list-style-type: none"> -Cocimiento uniforme. -Alargamiento de la vida de anaquel. -Posibilidad de enriquecimiento proteico o nutritivo o de extensión con otros cereales. 	<ul style="list-style-type: none"> -Aumenta el consumo de energía eléctrica y calorífica. -Generación de efluentes contaminantes. -Las características reológicas de la masa rehidratada no son tan aceptables como los de la masa fresca.
EXTRUSION	<ul style="list-style-type: none"> -Brevedad en el periodo de cocción. -Menor pérdida de nutrientes. -Productos libres de microorganismos patógenos. -Economía de energéticos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Introducción de una nueva tecnología, lo cual no se logra fácilmente con ciertos estratos sociales. -Inversión inicial de capital bastante considerable.
COCCIÓN POR TAMBORES	<ul style="list-style-type: none"> -Reducción en el consumo de cal y agua. -Producción mínima de aguas residuales (sólo las del lavado de equipo). -Puede suplementarse la harina con nutrientes o extenderse con otros cereales (inclusive desde la cocción en el extrusor). 	<ul style="list-style-type: none"> -Formación de técnicos medios para mantener estos equipos.
	<ul style="list-style-type: none"> -Puede suplementarse la harina obtenida con nutrientes o extenderse con otros cereales. -Brevedad en el periodo de cocción. -Producción mínima de aguas residuales (sólo las del lavado del equipo). 	<ul style="list-style-type: none"> -Posee dos operaciones de alta energía (energía para evaporar toda el agua usada en el mezclado), aumentando el costo del producto. -Problemas de control de temperatura durante la cocción que alteran las características reológicas de los productos.

TABLA XVII. VENTAJAS Y DESVENTAJAS CONSIDERANDO LA EVALUACION SENSORIAL.

PROCESOS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proceso tradicional en molinos de nixtamal.	La masa y tortillas son maleables. Las tortillas resisten el recalentamiento.	La vida de anaquel de la masa es corta, adquiere olor y sabor desagradables.
Proceso en fábricas de harina.	Las harinas tienen una vida de anaquel de más de 6 meses.	En ocasiones el color de la masa y tortillas son desagradables. Las tortillas se ponen quebradizas al enfriarse. No resisten recalentamientos.
Proceso cocción sobre tambores.	Las harinas tienen vida de anaquel de más de seis meses.	Las características de textura son comparables a las del proceso anterior (fábricas de harina).
Proceso de extrusión	Las características de textura de la masa son similares a las del proceso tradicional. Las harinas tienen vida de anaquel de más de seis meses y al ser rehidratadas las masas y tortillas son comparables a las del proceso tradicional.	Ninguna

2.3.3 COMPARACION ECONOMICA

En la Tabla XVIII se encuentran los datos obtenidos de costos de producción, sin empaque, de los tres procesos estudiados. Los precios que están tomados en dólares se convirtieron al cambio de \$1 US Dlr= \$450.00 M.N.

TABLA XVIII. COMPARACION ECONOMICA DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION DE HARINA PARA TORTILLA ESTUDIADOS.

PROCESOS	\$/1/Kg
Nixtamalización tradicional ³	118.80
Harina de Maíz nixtamalizada ²	104.21
Cocción por tambores ³	79.20
Extrusión ¹	71.69

¹CIATECH (1984). Comunicación personal. Planta Alimentos Mejorados, S.A. Cd. Cuauhtémoc, Chih.

²MICONSA (1984). Comunicación personal. Gerencia de Producción. Maíz Industrializado CONASUPO, S.A. México D.F.

³Molina M.R.; Letona M. y Bressani R. (1977). Drum drying for the improved production of instant tortilla flour. J. Food Sci. 42(6):1432.

2.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Como resultado del análisis de los procesos anteriormente descritos, se puede observar que la harina de maíz nixtamalizado supera en ventajas a la masa tradicional por ser un producto de vida de anaquel más largo, pudiendo ser utilizado y

tancialmente y la generación de grandes volúmenes de aguas residuales contaminantes en un solo establecimiento. Los productos a pesar de no ser aceptables son consumidos por la población ya que paulatinamente la harina está desplazando a la masa en los grandes núcleos urbanos.

En el caso del proceso de extrusión las ventajas que se plantean demuestran la mayor calidad del producto, así como la economía del proceso, con tiempos realmente cortos de cocción y características reológicas de las masas producidas directamente o de harinas rehidratadas similares a las de las masas tradicionales, factores que determinan su factibilidad a nivel industrial. Faltan sin embargo la capacidad de fabricación masiva de extrusores, su implementación por parte de entidades paraestatales y privadas y la aceptación por los consumidores de los productos.

Por último el proceso de tambores presenta la ventaja, al igual que los dos anteriores, de la reducción de tiempos de proceso y la posibilidad del enriquecimiento del producto, pero el costo del proceso se eleva por las dos operaciones de que consta quedando en el segundo lugar, después de la extrusión como proceso alternativo a la nixtamalización tradicional.

De esta evaluación puede concluirse que es posible mejorar sustancialmente el proceso de producción de tortillas dis

minuyendo drásticamente el tiempo de proceso, la generación de efluentes y el consumo de agua y energía.

Basta solamente que las empresas paraestatales y privadas de la industria de la masa, la harina y la tortilla inicien los pasos tendientes a instrumentar estas alternativas para que su implementación sea un éxito.

GLOSARIO DE PALABRAS NAHUATL

ATOLE	<i>atl</i> : agua y <i>tlao</i> li: maíz molido.
COMAL	<i>comalli</i> : nombre del utensilio en nahoá.
ELOTE	<i>elotl</i> : mazorca de maíz verde.
ESQUITE	<i>izquitl</i> : grano de maíz tostado e <i>icequi</i> : tostar al comal los granos de maíz.
METATE	<i>mētlatl</i> : piedra donde se muele el maíz.
METLAPIL	<i>metlapilli</i> : hijo o apéndice del metate.
NEJAYOTE	<i>nextli</i> : ceniza y <i>ayōh</i> : caldo o cosa aguada.
NIXCOMIL	<i>nextli</i> : ceniza y <i>comitl</i> : olla
NIXTAMAL	<i>nextli</i> : ceniza y <i>tamalli</i> : masa de maíz.
OLOTE	<i>yōlotl</i> : corazón.
POZOLE	<i>pozoni</i> : hervir en una olla y <i>pozonalli</i> : espumoso
PULQUE	<i>poliuhqui-octli</i> : vino podrido.
TAMAL	<i>tamalli</i> : pan de maíz envuelto en hojas y cocido en olla.
TEXTAL	<i>textli</i> : harina de maíz
TOTOMOXTLE	<i>totomochtli</i> : hojas secas de la mazorca del maíz.
XAXTLE	<i>xāyotl</i> : heces y <i>achtli</i> : semilla.

3. BIBLIOGRAFIA

- A.A.C.C. (1962). Cereal Laboratory Methods. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, Minn.
- Alarcón, A.L.; Durán de Bazúa, C.; Guerra, R. y Nieto, Z. (1979). "Biological and Rheological Evaluations for Corn-Sorghum Tortillas". Second Intl. Congress on Engineering and Food. Agosto 27-31. Helsinki, Finlandia.
- Alarcón, A.L.; Guerra, R.; Pedroza de Brenes, R.; Nieto de Meléndez, Z. y Durán de Bazúa, C. (1985). Mezclas nixtamalizadas de maíz y sorgo. Evaluaciones en masas y tortillas. Pruebas reológicas y sensoriales. Rev. Tecnol. Aliment. Vol. 20 (1):6-11. México D.F.
- Anderson, R.A.; Conway, H.F.; Pfeifer, V.F. y Griffin, Jr. E.L. (1969). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Sci. Today 14(1):4-12. U.S.A.
- Anderson, I. (1946). Maize in Mexico. A preliminary survey. Ann. Mo. Bot. Gard. 33:147-247. U.S.A.
- Anderson, E. y Cutler, H.C. (1942). Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Mo. Bot. Gard. 29:69-89.
- Anón. (1975). Maíz de alta calidad proteínica. Publicación interna del CIMMYT, 1:1-15. El Batán, México.

Anón. (1972). Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Organizado por el Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, Instituto Nacional de Agricultura. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Sociedad Mexicana de Fitogenética. Pág. 226. México.

A.O.A.C. (1970). Official Methods of Analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C.

Bazúa, C.D.; Guerra, R. y Rodríguez, A. (1976). High lysine corn traditional mexican products. Presentado en el First Intl. Congress on Engineering and Food. Agosto 13-22. Boston, Mass.

Bazúa, C.D.; Guerra, R. y Rodríguez, A. (1977). Optimización del proceso de nixtamalización para maíz normal y fitomejorado. Presentado en el II Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. Noviembre 19-23, México D.F.

Bazúa, C.D. y Garmendia, M. (1977). Los centros de educación superior e investigación y el desarrollo de agroindustrias. Dos problemas tipo. Parte I. Presentado en el XII Congreso de Química Pura y Aplicada. Agosto 3-5. Toluca, México.

Bazúa, C.D.; Guerra, R. y Sterner, H. (1979). Extruded corn flour as an alternative to lime-heated corn flour for tortillas preparation. J. Food Sci. 44:940.

Bazúa C.D. y Guerra, R. (1980). Los centros de investigación y educación superior en el desarrollo de agroindustrias. Parte II. Nuevos productos agrícolas procesados. Rev. Tecnol. Aliment. Vol. 15 (6):4-16. México D.F.

Bennet, W.C. y Zingg, R.M. (1935). The Tarahumara, an Indian Tribe of Northern Mexico. Univ. of Chicago Press. Chicago.

Bernhardt, E.C. (1974). "Processing of Thermoplastic Materials". Krieger Publishing Co. Pp. 154-302. Huntington, N.Y.

Betanzos, E. (1975). Producción, demanda y perspectivas del cultivo de maíz en México. Informativo del Maíz número extraordinario de investigación 1:84-87. UNA, Perú.

Bressani, R. (1966). Protein quality of opaque-2 maize in children. En: Proc. High Lysine Corn Conference (Mertz, E.T. y Nelson, O.E. Eds.). Pp. 34-39. Corn Industries Res. Found., Washington, D.C.

Bressani, R.; Braham, J.E. y Behar, M. (1972). Mejoramiento nutricional del maíz. Publicación INCAP L-3:325. Guatemala, Guatemala.

Bressani, R.; Braham, E.J.; Elfás, L.G. y Rubio, M.F. (1979). Studies on the enrichment of lime-treated corn with whole soybeans. J. Food Sci. 44:1707-1710.

Bressani, R. y Elfás L.G. (1972). Mejoramiento tecnológico de la calidad proteica del maíz. Revista Tecnología de Alimentos, INCAP-Guatemala, Marzo-Abril.

Bressani, R. y Marengo, E. (1963). Corn flour supplementation; the enrichment of lime-treated corn flour with proteins, lysine and tryptophan, and vitamin. J. Agr. Food Chem. 11-517.

Bressani, R.; Murillo, B. y Elías, L.G. (1974). Whole soybeans as a means of increasing protein and calories in maize-based diets. J. of Food Sci. 40:1275-1277.

Bressani, R.; Paz, R. y Scrimshaw, N. (1958). Chemical changes in corn during preparation of tortillas. INCAP. Guatemala. J. Agric. Food Chem. 6(10):770-773.

Bressani, R. y Scrimshaw, N.S. (1965). Effect of lime-treatment on *in vitro* availability of essential aminoacids and solubility of protein fractions 115 in corn. J. Agric. Food Chem. 6(10):774-778.

Buckle, T. Salazar de (1972). El maíz opaco en la industria de alimentos. Tecnología I T, 77:33. Colombia.

Cabrera, E.J.; Pinera, P.; Durán de Bazúa, C.; Segurajauregui, J.S. y Vernon, J. (1983). Water absorption and degree of gelatinization of corn, a kinetic model. Third. Intl. Congress on Engineering and Food. Sept. 23-28. Dublin, Irlanda.

- Chávez, A. (1972). El maíz en la nutrición de México. Memoria del Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. Publ. Colegio de Postgraduados, ENA. Pp. 9-11. Chapin- go, México.
- Chavez, A. (1973). Cultivo del maíz. Sec. Fom., Dir. Gral. Agri- cultura. Vol. 74. Est. Agr. Cent., México D.F.
- Clark, H.E.; Allen, P.E.; Meyers, S.M.; Tuckett, S.E. y Yamamura, Y. (1967). Nitrogen balances of adults consuming opaque-2 maize protein. Am. J. Clin. Nutr. 20:825.
- Clark, H.E.; Glover, D.V.; Betz, J.L. y Bailey, L.B. (1977). Nitrogen retention of young men who consumed isonitrogenous diets containing normal, opaque-2 or Sugary-2 opaque-2 corn. J. Nutr. 107 (3):404.
- Cohen, M.N. (1981). "La crisis alimentaria de la prehistoria". Alian- za, Universidad, Madrid.
- Collins, L.J. y Sánchez F.J. (1980). Quality parameters of torti- llas fortified with soy and cheese. J. Food Sci. 45(3).
- Cortés, A. y Wild, A.C. (1972). Contribución a la tecnología de la harina de maíz. Publicación INCAP. L-3. México D.F.
- CONAIM (1976). La industria del maíz. Publ. Intersecretarial. México, D.F.

Cravioto, R.O.; Anderson, R.K.; Lockhart, E.E.; Miranda, F. de P. y Harris, R.S. (1945). Valor nutritivo de la tortilla. Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana. Sept. 1-4. México, México.

Cravioto, R. y Cervantes, M. (1965). Eficiencia proteica de la harina de masa enriquecida con harina de soya y de la adicionada con protefnas de ajonjolí. Ciencia, 24:159, México D.F.

Cravioto, Y.O.; Cravioto, R.; Huerta, R. y Guzmán, J. (1950). Comparación del valor biológico de las protefnas del maíz, tortilla y tortilla-soya. Ciencia, 10:145. México D.F.

De la Torre, R. (1966). El maíz y la industria de alimentos. rev. Tecnol. Aliment. Vol. I (2):9-17. México D.F.

Del Valle, F.R. (1982). Industry - Government nutritional improvement programs an experieñcie in Mexico. Food Technol. (10):120.

Del Valle, F.R. (1972). Producción industrial, distribución y mercadeo de harina para tortillas en México. En el Simposio sobre Desarrollo y Utilización de Maíces de Alto Valor Nutritivo. Revista Interna de la UACH. Pp. 157-182. Chapingo, México.

Del Valle, F.R.; Montemayor, E. y Bourges, H. (1976). Industrial Production of soy-enriched tortilla flour by lime-cooking of whole raw corn-soybean mixtures. J. Food Sci. 41(2):349-351.

Del valle, F.R. y Pérez-Villaseñor, J. (1974). Enrichment of tortillas with soy proteins by lime cooking of whole raw soy protein by lime cooking. J. Food Sci. 39:244-247.

Diario Oficial (1982). Norma Oficial Mexicana - Productos alimenticios no industrializados para uso humano-cereales-maíz (*Zea mays*) especificaciones. Pp. 20-26. México D.F.

Diario Oficial (1976). Norma Oficial Mexicana - Harina de maíz nix tamalizado. Pp. 4-6. México D.F.

Diario Oficial (1967). Norma Oficial de Calidad para Miel de Maíz. Pp. 3, México D.F.

Durán, P. (1981). Aprovechamiento de nejayote de nixtamal por métodos microbiológicos. Tesis UNAM. Fac. Química. México.

Durán Domínguez, C. (1978). Procedimiento para cocer maíz por extrusión. SEPAFIN. Pat. Pend. No. 15943. México D.F.

Duvick D.N. (1961). Protein granules of maize endosperm cells. Cereal Chem. 38:374-385.

Enody, A.; Rubin, S.H. y Scialpy, L. (1977). Micronutrients addition to cereal grain products. Cereal Chem. 54(4):895-904.

FAO. (1952). Rose, W.C. Half-Century of Amino Acid Investigations. Chem. Eng. News, 30:2385.

Guerra, R. (1978). Extrusión, una nueva tecnología aplicada al procesamiento del maíz normal y opaco-2. Tesis UNAM. Fac. Química. México D.F.

Guerra, R.; Rodríguez, A. y Durán de Bazúa, C. (1983). High lysine corn traditional mexican products from extruded cornmeal. Trans. ASAE 26(2):618.

Guerrero, M. y Lugo, P. (1980). Cambios fisicoquímicos que sufre el maíz en la nixtamalización. Tesis UNAM. Fac. Química, México D.F.

Hernández, F. (1959). "Historia Natural de Nueva España". Edic. Facsímilar. UNAM. México.

Illescas, R. (1943). La teoría química de la formación del nixtamal. Nota preliminar. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. 4(3-4):129-134.

Inglett G.E. (1970). "Corn: Culture, Processing Products". AVI Pub. Co. Pp. 14-17. Westport, Conn.

Jamieson, M. y Jobber, P. (1974). "Manejo de Alimentos. Vol. I: Ecología del Almacenamiento". Editorial Pax-México, pág. 154. México D.F.

Jamienson, M. y Jobber, P. (1974). "Manejo de Alimentos. Vol. II: Técnicas de Conservación". Editorial Pax-México, pág. 212. México D.F.

Joffe, A. y Clarke, B. (1963). The effect of physical disturbance or "turning" of maize on the development of insect infestation. II. Laboratory studies with *Sitophilus oryzae*. (L) S. Afr. J. Agric. Sci., 6:65-84.

Katz, S.H.; Hediger, M.L. y Vallery, L.A. (1974). Traditional maize processing techniques in the New World. *Science* 184:765-773. U.S.A.

Kempt, J.E. (1976). "Planificación y Producción de Materiales Audiovisuales". Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A., Pp. 224-300. México D.F.

Kuleshov, N.N. (1930). The maize of Mexico, Guatemala, Cuba, Panamá and Colombia. Tomada de Bukasov, S.M. *Bul. Appl. Bot., Gen. and Pl. Breeding, supplement*, 47:493-501.

Lichtinger, I. (1975). La extrusión en alimentos. Tesis UNAM. Fac. Química. México D.F.

Lira de Garay, S. (1981). Mejoramiento nutricional de las tortillas de maíz. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. Reporte Interno. México D.F.

Lloyd, N.E. and Mertz, E.T. (1958). Studies on corn proteins, III. The glutelins of corn. *Cereal Chem.* 35: 156-168.

López-Farías, L.C. (1972). Observaciones sobre la susceptibilidad de hongos de almacenamiento de maíz opaco y normal. En: Memoria del Simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo. P. 135-138. Publ. Colegio de Postgraduados ENA. Chapingo, México

- López y Parra, R. (1908). "El Teocintle, Origen del Maíz". Pub. Secr. de Fomento. Pp. 1-20. México D.F.
- Mangelsdorf, P.C.; Mc Neish, R.S. and Galinat, W.C. (1954). Domestication of corn. *Science*, 143:538-545.
- Mangelsdorf, P.C. and Reeves, R.G. (1939). The origin of Indian corn and its relatives. *Texas Agr. Exp. Sta. Bull.* 574.
- Martínez-Herrera, M.L. and Lachance, P.A. (1979). Corn (*Zea mays*) kernel hardness as an index of the alkaline cooking time for tortilla preparation. *J. Food Sci.* 44(2):377-390.
- Massieu, G.; Cravioto, G. y Calvo, J. (1950). Comparación del valor biológico de las proteínas del maíz, tortillas y tortilla-soya. *Ciencia*, 10:145. México D.F.
- Massieu, H.G.; Cravioto, O.Y.; Cravioto, R.O. y Figueroa, F. (1954). Estudios sobre proteínas y aminoácidos de dietas mexicanas. III. Eficiencia proteica de dietas a base de tortilla, suplementadas con frijol, garbanzo o leche medida por el crecimiento de la rata blanca. *Ciencia*, 14:93. México D.F.
- Matz, S. (1969). "Cereal Science". The AVI Publishing Company, Inc. Pág. 69-70. Westport, Conn.
- Matz, S.A. (1975). "Effect of the Leaking on the Nutrients". En: Nutritional Evaluation of Food Processing. Editado por R.S. Harris y E. Karmas, 2nd. Ed. AVI Pub. Co., Pág. 242. Westport, Conn.

- Mertz, E.T.; Lloyd, N.E. and Bressani, R. (1958). Studies on corn proteins. II. Electrophoretic analysis of germ and endosperm extracts. *Cereal Chem.* 35:146-155.
- Mertz, E.T.; Bates, L.S. and Nelson, O.E. (1964). Mutant gene that changes protein composition and increases lysine content in maize endosperm. *Science*, 145:279-280.
- Mertz, E.T.; Nelson, O.E.; Bates, L.S. and Vernon, O.A. (1966). Better protein quality in maize. *Advan. Chem. Ser.*, 57:228-242.
- Mertz, E.T. (1970). "Nutritive Value of Corn and its Products. In: *Corn: Culture, Processing, Products*. Ed. G.E. Inglett. AVI Pub. Co., Inc. Westport, Conn. Pp. 350-359.
- Mertz, E.T. (1974). Genetic improvement of cereals. *Nutr. Rev.* 32:120-130.
- MINSA (1981). Breve descripción de las actividades de la empresa, Maíz Industrializado CONASUPO, S.A. de C.V. Pp. 1-14. México D.F.
- Molina, M.R.; Letona, M. y Bressani, R. (1977). Drum drying for the improved production of instant tortilla flour. *J. Food Sci.* 42(6):1432.
- Monroy, R. y Chávez, A. (1966). Estudios sobre el enriquecimiento de maíz nixtamalizado con concentrados proteicos. VI Reunión Anual Soc. Mex. Nutr. Endocrinología.
- Muelenaere, H.J.H. and Buzzard, J.L. (1969). Cooker-extruders in the service of the world feeding. *Food Technol.* 23(3):345-351, (17-77).

- Mustakas, G.C. and Griffin, Jr. E.L. (1964). Production and nutritional evaluations of extrusion-cooked full fat soybean flour. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 41(9):607-614.
- Nielsen, H.C.; Paulis, J.W.; James, C. y Wall, J.S. (1970). Extraction and structure studies on corn glutelin proteins. *Cereal Chem.*, 47:501-512.
- O.N.U. (1977). Las aguas subterráneas en el Hemisferio Occidental. Recursos Naturales. Series del Agua, No. 4. Nueva York.
- Osborne, T.B. and Mendel, L.B. (1914). Nutritive properties of proteins of the maize kernel. *J. Biol. Chem.* 18:1-16.
- Paredes-López, O. and Saharopoulos, M.E. (1983). Maize: A review of tortilla production technology. *Batters Digest*. Unidad Irapuato, CIEA, del Instituto Politécnico. Irapuato, México, 57(5):16-25.
- Rossen, J.L. and Miller, R.C. (1973). Food extrusion. *Food Technol.* 27(8):46-54.
- Sanderude, K.G. (1971). Continuous cooking of cereal grains and wheat flours by short time-high temperature extrusion. Presentado en el 73rd Annual Technical Conference and Trade Show. Kansas City, U.S.A.
- Sahagún, Fr. B. de (1529-1590). "Historia General de las Cosas de Nueva España". Edit. P. Robredo, México D.F. (Pub. en 1938).

- Sánchez, M.D. (1979). "Apuntes del Curso de Tecnología de Cereales". Facultad de Química, UNAM. México D.F.
- S.A.R.H. (1982). El desarrollo agroindustrial y los sistemas alimentarios básicos. Coordinación General de Desarrollo Agroindustrial. Edit. Galas. Vol. 11. México D.F.
- Seib, P.A. (1975). "An introduction to Food Extrusion". Dept. of Grain Science and Ind. Kansas State University. Manhattan, Ks.
- S.E.P. (1982). "El maíz, fundamento de la cultura popular mexicana". Museo de Culturas Populares. México D.F.
- Simeón, R. (1983). "Diccionario de la Lengua Náhuatl o Mexicana". Siglo Veintiuno Editores, S.A. Pp. 243-350. México D.F.
- Smith, O.B. (1971). Why use extrusion?. Presented at the Symposium on Extrusion Cooking. American Association of Cereal Chemists. St. Louis Missouri. February 12.
- Smith, O.B. (1974). Extrusion-cooked snack in a fact growing market. Cereal Sci. Today, 19:312-315, 343.
- Smith, O.B. (1974). Texture by extrusion processing. Presented in Short Course for Fabricated Food. American Chemical Society, Division of Agric. and Food Chem. Las Vegas, Nevada. March 28.
- Smith, O.B. (1974). Versatility of texturizing by extrusion cooking. Presented at the 67th. Annual Meeting AIChE. Washington, D.C. December 2.

- Smith, O.B. (1976). Why extrusion cooking? *Cereal Foods World*, 21(1):4-8.
- Sosa, E.N. (1970). *Compilación bibliográfica sobre la composición química, valor nutritivo y aprovechamiento industrial de maíz*. Tesis UNAM. Fac. Química. México D.F.
- Spadaro, J.J.; Mottern, H.H. and Gallo, S.A. (1971). Extrusion of rice with cottonseed and peanut flours. *Cereal Sci. Today*, 16(8): 238-240, 261.
- Stone, M.L.; Tribelhorn, R.E. and Harper, J.M. (1976). Low-Cost extrusion cooker systems and costs. Presentado en el First Intl. Congress on Engineering and Food. Agosto 13-22. Boston, Mass.
- Tribelhorn, R.E.; Stone, M.L. and Harper, J.M. (1976). CSU Extrusion facility and related systems. Department of Agricultura Engineering. Colorado State University. Presentado en el First Intl. Congress on Engineering and Food. Agosto 13-22. Boston, Mass.
- Tsen, C.C.; Farrel, E.P.; Hoover, W.J. and Crowley, P.R. (1975). Extruded soy products from whole and dehulled soybeans cooked at various temperatures for bread and cookie fortifications. *Cereal Foods World*, 20(9):413-418.
- Villegas, E. (1972). Maíces de alta calidad nutricional. En: *Memoria del Simposio sobre Desarrollo y Utilización de maíces de alto valor nutritivo*. Pp. 13-19. Publ. Colegio de Postgraduados, ENA, Chapingo, México.

Villegas, E. and Mertz, E.T. (1971). Chemical screening methods for maize protein quality at CIMMYT. Research Bull. No. 20, CIMMYT. México.

Wall, J.S.; James, C. y Donaldson, G.L. (1975). Corn proteins: chemical and physical changes during drying of grain. Cereal Chem., 52(6):779-790.

Wang, Y.Y.D. y Fields, M.L. (1978). Enrichment of home-prepared tortillas made from germinated corn. J. of Food Sci. 43(5):1630-1631.

Wellhausen, E.J. (1976). The Agriculture of Mexico. Scientific American, 235, 129.

Wellhausen, E.J.; Roberts, L.M.; Hernández, X.E. y Mangelsdorf, P.C. (1951). "Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución". Programa de Agricultura Cooperativa de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de México, D.F. y la Fundación Rockefeller. Pp. 5-50. México D.F.

Williams, M.A.; Horn, R.E. and Rugala, R.P. (1976). Direct extrusion of food products. Presented at the AIChE National Meeting. November 14-18. Chicago, U.S.A.

Williams, M.A. (1977). Direct extrusion of convenience foods. Cereal Foods World, 22(4):152-154.

Yañez, E.; Ballester, D. y Gattas, V. (1974). Suplementación de cereales con levadura o hidrolizado enzimático de pescado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 24(2):263-276.

Young, V.R.; Ozalp, I.; Cholakos, B.V. y Scrimshaw, N.S. (1971).
Protein value of Colombian opaque-2 corn for young adult men. J.
Nutr., 101:1475.

APENDICE

GUION DEL MATERIAL AUDIOVISUAL
 PROCESOS DE NIXTAMALIZACIÓN DEL MAÍZ

<u>VIDEO</u>	<u>AUDIO</u>
1. Letrero: Proceso de nixtamalización.	Música
2. Letrero: Objetivos.	LOCUTOR I. Este audiovisual tiene como finalidad :
3. Letrero: Mostrar las características sobresalientes del maíz.	Mostrar las características sobresalientes del maíz.
4. Letrero: Describir y comparar diversos procesos de nixtamalización.	Describir y comparar diversos procesos de nixtamalización.
5. Letrero: Establecer criterios específicos sobre el desarrollo de estas tecnologías.	Y establecer criterios específicos sobre el desarrollo de esta tecnología.
6. Códice indígena.	LOCUTOR II. Desde hace mas de cinco mil años la historia del maíz y la de los mexicanos se ha desarrollado simultáneamente.
7. Hombre cosechando.	Porque esta planta no puede reproducirse por sí sola, sino que requiere de la mano del hombre,
8. Mujer pasando granos de maíz a olla.	es decir, es una planta cultivada.
9. Toma general de una mapa de México donde destaca Puebla.	LOC I. Investigaciones botánicas aseguran que el maíz tuvo su origen en nuestro país, ya que los restos mas antiguos fueron encontrados en el Valle de Tehuacán, Puebla.
10. Diseño gráfico de elote con estado de Puebla.	
11. Hombre trabajando con coa.	Donde también aparecieron algunos instrumentos que demuestran que ahí se cultivaba.
12. Hombre sembrando maíz.	LOC II. El maíz representa para las culturas precolombinas, no sólo un medio de sustento, sino también,
13. Acercamiento a dios del maíz.	la conexión entre lo sagrado y lo terrenal. Actualmente subsiste esta conexión, hay por ejemplo, rituales sobre la recolección del
14. Acercamiento a códice del dios del	

VIDEO

maíz.

15. Acercamiento a hombre cultivando maíz.
16. Personas alimentándose con maíz.
17. Acercamiento a persona comiendo maíz.
18. Letrero: Principales características del maíz.
19. Acercamiento a conjunto de elotes.
20. Letrero: Zea Mays
21. Diseño: planta de maíz con raíz.
22. Diseño de una espiga.
23. Diseño de un fruto del maíz.
24. Acercamiento a mazorcas.
25. Acercamiento a una flor de la planta.
26. Gran acercamiento a un grano de maíz.
27. Diseño de grano de maíz con sus partes señaladas.
28. Letrero: Técnicas de cultivo de maíz.
29. Panorámica de campo donde se observa campesino arando la tierra.

AUDIO

maíz, tanto en las culturas tradicionales como en las zonas rurales y urbanas.

LOC I. Pero, por qué tiene tanta importancia para el hombre el cultivo del maíz.

LOC II. Porque es la principal fuente proteica y energética de las culturas mesoamericanas.

En nuestro país, todos sabemos la importancia que tiene este cereal.

LOC I. Describamos sus principales características.

Las variedades del maíz más importantes en México, pertenecen a la variedad "May dea" del género "Zea", por lo que su nombre científico es "Zea Mays".

Esta planta consta principalmente de raíz ramificada, tallo central y una espiga productora de polen.

LOC I. El fruto de esta planta es la mazorca que crece a partir de los nudos de la parte media del tallo.

Generalmente tiene una o dos mazorcas. Ocasionalmente hasta tres.

LOC II. Cada flor, que constituirá un grano, consta de un ovario y un óvulo.

LOC I. El grano de maíz es un fruto seco, aplanado, convexo en la parte superior y con la base más o menos puntiaguda.

Está constituido por pericarpio, aleurona y germen.

MUSICA

El cultivo de maíz se efectuaba siguiendo principalmente técnicas tradicionales con abundante mano de obra.

VIDEOAUDIO

- | | |
|--|--|
| 30. Panorámica de campo cultivado con tractores. | Con el advenimiento de la industrialización del campo, particularmente en los países desarrollados, se ha aumentado |
| 31. Panorámica de campo con maíz. | la productividad, disminuyendo considerablemente la necesidad de seres humanos y animales para el cultivo. |
| 32. Acercamiento a tractor. | La introducción del tractor que ara, empuja el suelo, |
| 33. Acercamiento a trilladora. | cosecha o trilla, supera los métodos rudimentarios haciendo posible que el trabajo sea más rápido y que se realice en cualquier época del año. |
| 34. Mapa de México con letrero. | LOC I. Sin embargo, en México, la mecanización de utiliza solamente en algunas zonas de riego, |
| 35. Vista panorámica de campo preparado para cultivo. | y como la mayor parte de las zonas de sembradío son de temporal, se continúan usando masivamente las técnicas tradicionales, que resultan ineficaces. |
| 36. Acercamiento a indígena utilizando coa. | LOC II. Estos métodos de cultivo tradicionales son: las técnicas de roza que consisten en cortar y quemar la maleza para después cultivar la tierra usando un instrumento llamado coa. |
| 37. Panorámica de campo donde se trabaje la tierra con animales de tiro y arado. | Y la técnica de roturación introducida en nuestro país por los españoles, que se basa en el empleo de animales de tiro y arado. |
| 38. Panorámica de tierra lista para ser cosechada. | LOC I. Un factor importante para el cultivo del maíz, es la calidad del suelo. |
| 39. Letrero: Número de cosechas anteriores. | Esta depende del número de cosechas anteriores, |
| 40. Letrero: 39 más temperatura y humedad. | de su temperatura, humedad |
| 41. Letrero: 40 más preparación. | y su buena preparación. |
| 42. Letrero: Nitrógeno, fósforo y potasio. | LOC II. Se requiere que el suelo contenga nitrógeno, fósforo y potasio en estado asimilable. |

VIDEOAUDIO

- | | |
|---|--|
| 43. Conjunto de sacos con fertilizantes. | Lo cual se logra mediante una correcta fertilización. |
| 44. Panorámica de campo de maíz. | LOC I. El maíz se cosecha cuando las mazorcas están maduras. Esto se reconoce por |
| 45. Acercamiento a uña presionando grano. | el color amarillento de las hojas del tallo y porque los granos resisten a la presión de la uña. |
| 46. Campesino apilando mazorcas. | LOC II. Comprobada la maduración, se van arrancando las mazorcas y se apilan en montes. |
| 47. Conjunto de elotes secos con hojas. | LOC I. Las hojas deben separarse lo más pronto posible para evitar la fermentación que daña al grano. |
| 48. Diseño gráfico de maíz. | LOC II. Entre el período de recolección y consumo de maíz, existen daños microbiológicos y |
| 49. Diseño gráfico de maíz con insectos. | daños causados por plagas. |
| 50. Diseño maíz con más insectos. | Por esta razón, es necesario |
| 51. Acercamiento a granos de maíz. | someter el grano a operaciones de conservación e industrialización. |
| 52. Acercamiento a manos con maíz. | LOC I. Parte del grano recolectado se conserva como semilla y el resto se usa para el consumo humano y animal. |
| 53. Toma general de un laboratorio. | La calidad de la semilla, tanto la que utiliza el agricultor como la que se usa para consumo, se evalúa en el laboratorio tomando en cuenta factores físicos y biológicos. |
| 54. Acercamiento a un laboratorista. | Estas pruebas, que sirven para evaluar la cantidad nutritiva de cualquier alimento, se conocen como "análisis bromatológicos". |
| 55. Acercamiento a tubo de ensaye. | LOC II. Mediante éstas se determina su valor energético y proteico. |
| 56. Acercamiento a mazorca. | LOC I. El maíz, por su alto contenido de carbohidratos, es considerado un alimento energético. Sin embargo, en la mayor parte |
| 57. Diseño de tortilla con letrero. | de los cereales el contenido proteico es bajo para los requerimientos humanos. |

VIDEO

58. Diseño de tortilla con letrero
59. Conjunto de diversos platillos.
60. Acercamiento a olla de cocción.
61. Letrero que dice Ca + calor.
62. Acercamiento a olla donde se está eliminando el agua.
63. Letrero: Nixtamalización.
64. Habitantes de esta cultura.
65. Acercamiento a olla.
66. Acercamiento a máquina tortilladora.
67. Acercamiento a masa y tortillas.
68. Acercamiento a tortillas descompuestas.

AUDIO

En el caso específico del maíz, el 50% de su proteína es "zeína", sustancia no digerible por animales monogástricos. El otro 50% es deficiente en aminoácidos esenciales como triptófano y lisina. Por ello, es necesario complementar la alimentación del hombre con otras fuentes proteicas.

LOC I. Una forma de mejorar la calidad nutritiva del maíz consiste en emplear métodos de cocción en los que el grano es expuesto a condiciones drásticas de temperatura y alcalinidad, con lo que se logra que parte de la proteínas indigeribles sean solubilizadas y eliminadas en el agua de cocción.

LOC I. A esta técnica se le conoce como "nixtamalización".

LOC II. Cabe aclarar que éste es un método antiguo empleado por los habitantes pertenecientes a las culturas precolombinas cuyos conocimientos sobre nutrición eran empíricos.

LOC I. Y que es un método que sigue empleándose hasta la fecha.

LOC II. En la década de los cuarentas se construyeron e instalaron los primeros molinos y tortillerías semiautomáticas con el fin de producir fundamentalmente masa y tortillas por ser éstos, productos de consumo básico para nuestro país.

LOC I. Más adelante, en la década de los cincuentas, debido a que la masa y las tortillas son productos altamente perecederos, se optó por

VIDEOAUDIO

69. Acercamiento a paquete de harina. secar la masa para producir una harina con una vida de anaquel mucho mayor.
70. Acercamiento a harina reconstituida. Esta harina se reconstituye con agua y así se obtiene la masa y las tortillas tradicionales.
71. Panorámica de fábrica. En consecuencia, la fabricación de harina maíz nixtamalizado surgió como una respuesta tecnológica al problema de conservación de la masa.
72. Letrero: Procesos de nixtamalización del maíz. LOC II. A continuación se describirán los procesos de nixtamalización.
73. Letrero: Tradicional, Molinos, de fábricas de harina, de extrusión, de cocción en tambores. El tradicional, el de molinos, el de las fábricas de harina, el de extrusión y el de cocción con tambores.
74. Acercamiento a olla en el momento en que se le agrega cal. MUSICA
75. Olla a la que se le agrega una parte de maíz por dos de agua. LOC I. En el proceso tradicional se pone a hervir agua en una olla llamada nixcómil a la cual se le agrega una lechada de cal. Al estar hirviendo la solución, se le adiciona un parte de maíz por cada dos partes de agua, dejándola hervir de 30 a 60 minutos.
76. Olla. Letrero: reposo 5 a 15 hrs. Posteriormente se retira la olla del fuego y se deja reposar de 5 a 15 horas.
77. Acercamiento a grano. Durante este período se efectúan reacciones químicas entre el grano y la solución alcalina.
78. Secuencia toma anterior desde otro ángulo. Y son justamente estas reacciones, las que permiten que el grano absorba más agua facilitando de esta forma la molienda. También se modifica la estructura de los carbohidratos y proteínas.
79. Diseño de un grano con lebrero. LOC II. Actualmente todavía no se conocen los mecanismos de estas reacciones, por lo que se sigue operando el proceso en forma empírica como en la época precolombina.

VIDEOAUDIO

80. Acercamiento a colada de olla a chiquihuite. Ya transcurrido el tiempo de reposo, el grano cocido o "nixtamal" se cuele en una cesta calada o "chiquihuite" eliminándose el líquido sobrenadante o "nejayote".
81. Acercamiento a maíz enjuagado en chiquihuite. Posteriormente el nixtamal se enjuaga con agua limpia para eliminar el hollejo o pericarpio.
82. Acercamiento a metate con nixtamal. Ya limpio el nixtamal, se procede a moler en el metate, utilizando un piedra en forma cilíndrica y oblonga, llamada "metlapil", hasta obtener una masa fina con la que se elaboran las tortillas.
83. Acercamiento a masa. MUSICA
84. Letrero: Proceso en molinos de nixtamal.
85. Toma general de tinas de nixtamal. LOC I. En el proceso de los molinos de nixtamal, se emplean tinas de acero inoxidable o hierro galvanizado donde se cuece el grano con agua hirviendo y vapor vivo, la cal es agregada directamente a las tinas de nixtamalización dejando hervir la solución de 20 a 60 minutos. El tiempo de reposo es menor con el del proceso tradicional y resulta ser eficiente para obtener masas y tortillas de textura aceptable.
86. Acercamiento a tina en el momento en que se le agrega cal. LOC II. La molienda se realiza en molinos de piedra y la masa obtenida es transportada inmediatamente a las tortillerías, ya que la vida de anaquel de ésta, en condiciones normales, no es mayor de 4 a 6 horas.
87. Conjunto de tortillas y masa.
88. Acercamiento a piedra moliendo maíz. RUIDO DE INDUSTRIAS
89. Conjunto de bultos de masa.
90. Letrero: Proceso en fábricas de harina. LOC I. El proceso en las fábricas de harina es similar al de los molinos, pero además, la masa producida es secada para obtener una harina estable.
91. Panorámica de una fábrica.

VIDEO

92. Panorámica de fabrica.
93. Tinajas de cocción.
94. Gran acercamiento a masa.
95. Acercamiento a tortillas.
96. Letrero: Procesos Alternativos.
97. Letrero: Proceso de extrusión.
98. Letrero: Cocción sobre tambores.
99. Diseño de un extrusor.
100. Diseño de extrusor con tornillo.
101. Diseño de extrusor con letreros.
102. Extrusor.
103. Diseño de extrusor con letreros.
104. Acercamiento a masa.

AUDIO

Actualmente, se han efectuado cambios técnicos al proceso para optimizar tiempos de cocción, eficiencias de molienda, secado y consumo energético que hacen al proceso tecnológicamente más adecuado para producir las harinas.

Sin embargo, las masa que se obtienen a partir de estas harinas necesitan ser manejadas en forma especial para obtener tortillas con una textura comparable a la de las masas tradicionales.

MUSICA

LOC 1. Para mejorar las operaciones que se siguen en las fábricas de harina, se han desarrollado dos procesos a nivel experimental:

de extrusión
y la cocción sobre tambores.

LOC 1. Pero, ¿qué es la extrusión?

LOC 11. La extrusión consiste en hacer pasar un material sólido o semisólido a través de un cilindro,

forzando a salir por una boquilla. El transporte de este material se hace por medio de un tornillo.

En el proceso de nixtamalización por extrusión, los granos de maíz se muelen en crudo y la harina resultante se alimenta al extrusor junto con una solución diluida de cal para que se efectúen las reacciones químicas ya mencionadas.

La fricción generada en el interior del extrusor produce la energía necesaria para que se efectúe la cocción.

De la cantidad de agua añadida se puede obtener una masa lista para hacer tortillas,

VIDEOAUDIO

105. Toma general de un extrusor.
106. Letrero: Proceso de cocción sobre tambores.
107. Diseño de tambores con letrero.
108. Diseño de tambores con letreros.
109. Diseño de tambores con más letreros.
110. Hojuelas pasando a los molinos.
111. Letrero: Ventajas y desventajas de estos procesos.
112. Letrero: Ventajas proceso tradicional y molinos nixtamal.
113. Acercamiento a tortillas en máquina tortilladora.
114. Letrero: Desventajas proceso tradicional y molinos de nixtamal.
115. Letrero: Operaciones intermitentes y gastos de energía y agua.
116. Letrero: Aguas residuales contaminantes y corta vida de anaquel.

o una harina gruesa o "sémola" que , después de ser molida, puede ser almacenada.

El tiempo en que transcurre este proceso es bastante menor que el de los tres procesos anteriores.

LOC II. Bien, ahora veamos cómo se efectúa la cocción sobre tambores.

La fuente calorífica en este proceso es el vapor a alta presión que fluye por el interior de los tambores calentando la superficie de éstos que se aprovecha para que ocurran simultáneamente las reacciones químicas y el secado.

La sémola o maíz precocida obtenida en este proceso se desprende del tambor por medio de cuchillas.

Y pasa a los molinos para producir harinas similares a las de las fábricas.

LOC I. Comparados los procesos anteriores encontramos ventajas y desventajas.

LOC II. Una ventaja del proceso tradicional y de molinos de nixtamal es que la masa y las tortillas que se obtienen son maleables y pueden ser recalentadas sin perder esa cualidad.

LOC I. Pero existen algunas desventajas en estos procesos:

La primera, es que se trata de operaciones intermitentes y largas que consumen grandes cantidades de energía y agua.

También generan aguas residuales muy contaminantes, además la masa y las tortillas tienen corta vida de anaquel.

VIDEOAUDIO

117. Letrero: Ventajas en fábricas de maíz nixtamalizado. LOC II. En las fábricas de harina, las ventajas son el cocimiento uniforme y que se emplean tiempos de proceso bastante menores a los requeridos en los métodos tradicionales. También se ha logrado tener cierta continuidad en la maceración que hace que el proceso sea casi continuo. Además se producen harinas con una vida de anaquel de más de 6 meses. LOC I. Pero una desventaja es que las masas reconstituídas y las tortillas hechas con éstas, necesitan una cantidad de cal extra durante el amasado y el cortado para que su calidad sea comparable a la de las tortillas tradicionales.
118. Letrero: otras ventajas de toma 117.
119. Letrero: Desventajas en fábricas de maíz nixtamalizado.
120. Acercamiento a tres tipos de masas. Esto provoca que su color y olor sean, en ocasiones, desagradables, pero resulta indispensable porque si no, se ponen quebradizas y no resisten calentamientos.
121. Acercamiento a tortilla quebradiza. Otra desventaja de este método, es la generación de afluentes concentrados en un sólo local, lo que representa un serio problema ecológico para las zonas urbanas aledañas a las fábricas.
122. Toma general a desagües con aguas residuales. LOC I. El caso de la cocción sobre tambores, la ventaja es que el proceso reduce el consumo de agua y no se tienen prácticamente aguas residuales.
123. Letrero: Ventajas procesos de cocción sobre tambores.
124. Letrero: Reducción tiempo, Menor consumo de agua, Disminución aguas residuales. LOC II. Pero la desventaja es el aumento en el consumo de energía para evaporar toda el agua usada en el proceso.
125. Letrero: Desventajas proceso de cocción.
126. Letrero: Ventajas proceso de extrusión. LOC I. Finalmente, en el proceso de extrusión, la característica más importante encontrada en las pruebas experimentales es

VIDEO

127. Letrero: Propiedades sensoriales y textura iguales a las de las masas tradicionales.
128. Acercamiento a masa y tortillas.
129. Letrero: Reducción tiempo de proceso e insumos.
130. Letrero: Disminución de aguas residuales.
131. Letrero: Ahorro energéticos.
132. Letrero: Desventajas del proceso de extrusión.
133. Letrero: Inversión de capital elevado.
134. Letrero: Costo de manufactura menor.
135. Letrero: Realización
136. Letrero: Supervision
137. Letrero: Colaboración
138. Letrero: Derechos reservados
- Lugar y año.

AUDIO

- que no hay diferencia en las propiedades sensoriales y de textura entre los productos extruídos y los nixtamalizados en forma tradicional.
- Tanto las masas como las tortillas son prácticamente idénticas.
- Otras ventajas son que el tiempo de proceso y los insumos necesarios se reducen en forma considerable con respecto a las otras cuatro técnicas,
- que no se generan aguas residuales y que se tiene ahorros energéticos porque parte del calor de cocción se produce por la propia fricción dentro del extrusor.
- LOC II. Naturalmente, este proceso presenta algunas desventajas.
- La principal es que la inversión de capital inicial es más elevada que para los otros procesos, pero como los costos de manufactura son menores, la inversión puede recuperarse en un lapso más corto que en los anteriores.

MUSICA

MUSICA

MUSICA

MUSICA