



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

DESARROLLO DE HARINA DE MAÍZ PARA TORTILLA DE MESA

Menfild Alejo Orozco y Orozco

Asesorado por el Ing. Alfredo Arturo Arroyo Arriola

Guatemala, febrero de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE HARINA DE MAÍZ PARA
TORTILLA DE MESA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

MENFILD ALEJO OROZCO Y OROZCO

ASESORADO POR EL INGENIERO ALFREDO ARTURO ARROYO ARRIOLA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael Gonzáles Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Pedro Aválos Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Otto Leonel Alvarado Ortiz.
EXAMINADOR	Ing. Edwin Abelino Quan Mack
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier Gonzáles López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración mi trabajo de graduación titulado:

DESARROLLO DE HARINA DE MAÍZ PARA TORTILLA DE MESA

Tema que me fue asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Industrial con fecha 6 de noviembre 1997.



MENFILD ALEJO OROZCO Y OROZCO

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Escuela de Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería

Por medio de la presente hago constar que acepto asesorar al estudiante Menfiled Alejo Orozco y Orozco con número de carné 83 11841 en la elaboración del trabajo de graduación que tiene por título **“DESARROLLO DE HARINA DE MAIZ PARA TORTILLA DE MESA”**, cuyo protocolo he revisado y he dado el visto bueno.

Atentamente,



Alfredo Arturo Arroyo Arriola
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 3796

Alfredo Arturo Arroyo Arriola
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 3796



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DESARROLLO DE HARINA DE MAIZ PARA TORTILLA DE MESA**, presentado por el estudiante universitario **Menfild Alejo Orozco y Orozco**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Roberto Valle González', written over a circular stamp.



Ing. Roberto Valle González
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2007.

/mgp



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE HARINA DE MAÍZ PARA TORTILLA DE MESA**, presentado por el estudiante universitario **Menfild Alejo Orozco y Orozco**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera

DIRECTOR

Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2007.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE HARINA DE MAÍZ PARA TORTILLA DE MESA**, presentado por el estudiante universitario **Menfild Alejo Orozco y Orozco**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, febrero de 2007.

DEDICATORIA A:

- DIOS** Por permitirme conocer una nueva vida en él y alcanzar muchas metas y privilegios, dándome la fuerza y el entendimiento necesario.
- MIS PADRES** Faustino Abraham y Adela Fermina, por su amor, apoyo y comprensión en todo momento, como un regalo con el cual agradezco todo lo que han hecho por mí.
- MI ESPOSA** Miriam Irasema, por su apoyo incondicional en todo momento.
- MIS HERMANOS** Gloria, Ofelia, Lesbia y William, por su apoyo y comprensión en todo momento.
- MIS ABUELITOS
(Y DEMAS FAMILIA)** Alejandro (Q.E.P.D), Carmen (Q.E.P.D), Timoteo (Q.E.P.D) y Margarita (Q.E.P.D.), por brindarme su apoyo y cariño.
- AMIGOS** Gustavo, Antonio, Erick, Carlos, José Luis, Zoila, Elena, por los buenos momentos compartidos

AGRADECIMIENTO A:

Dios y Jesús

La Universidad de San Carlos de Guatemala, por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria.

La Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Mecánica Industrial.

Ingeniero Alfredo Arturo Arroyo Arriola, por otorgarme su valioso tiempo, dedicación y conocimientos para realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX

1 CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD QUE DEBEN EVALUARSE EN LA RECEPCIÓN DEL MAÍZ PARA TENER UNA MOLIENDA EFICIENTE	1
1.1 Variedades del maíz	1
1.2 Forma del grano	4
1.3 Color del grano	4
1.4 Partes del grano de maíz	5
1.5 Textura del endosperma	6
1.6 Peso específico del maíz	7
1.7 Humedad del maíz	8
1.8 Porcentaje de impurezas	9
1.9 Porcentaje del grano quebrado	9
1.10 <i>Falling number</i> del maíz	10
1.11 Contenido proteínico	10
1.12 Porcentaje de micotoxinas	12
1.13 Ph del maíz	13
1.14 Tratamiento, manejo y ensilado del maíz	14

2. LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL MAÍZ EN FRÍO Y EN CALIENTE	19
2.1 Importancia de la limpieza del maíz	19
2.2 Productos que deben separarse	19
2.3 Proceso y Maquinaria para realizarlo	20
2.4 Acondicionamiento	21
2.5 Propósitos del acondicionamiento	22
2.6 Tipos de acondicionamiento	23
2.7 Ventajas y diferencias del acondicionamiento en frío y en caliente	24
2.8 Cálculos y fórmulas para un buen acondicionamiento	25
2.8.1 Flujo del maíz	26
2.8.2 Humedad inicial del maíz	26
2.8.3 Humedad requerida	27
2.8.4 Cantidad de agua a agregar	27
2.8.5 Tiempo de reposo	28
2.8.6 Tiempo de cocción	29
2.8.7 PSI de la caldera	29
2.9 Diferencias en el acondicionamiento nixtamalizado y no nixtamalizado	30
2.10 Proceso y Maquinaria	32
3. MOLIENDA Y CERNIDO	37
3.1 Objetivos de la molienda de cereales	37
3.2 Partes químicas del maíz	39
3.2.1 Composición del maíz productos y subproductos	40
3.3 Cambios estructurales físicos y químicos a través del método Nixtamalizado y no nixtamalizado	41

3.3.1	Cambios estructurales método nixtamalizado	41
3.3.2	Cambios físicos y químicos	42
3.4	División de la molienda	45
3.5	Tipo de Maquinaria a utilizar para la molienda de maíz	47
3.6	Ventajas y diferencias de la molienda del proceso nixtamalizado y no nixtamalizado en la obtención de harina para tortilla de mesa	48
3.7	Parámetros de molienda	49
3.8	Diagrama de flujo	51
3.9	Rendimiento de la molienda	52
3.10	Teoría de cernido	58
3.11	Separación, clasificación y tamizado de los productos	59
3.12	Efecto de cambio de telas y máquinas de cernir	60
3.13	Capacidad de proporción de carga y elección de máquina Cernedora	60
3.14	Objetivo primordial de la purificación	61
3.15	Principios de purificación y de su funcionamiento	62
3.16	Sistemas de purificación (entradas y salidas)	63
4.	ANÁLISIS Y ACABADOS DE LOS PRODUCTOS DE MOLIENDA	65
4.1	Acabado de harina	65
4.2	Sistemas modernos de repasado o acabado de harina	66
4.3	Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método nixtamalizado	67
4.4	Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método no nixtamalizado	69
4.5	Análisis de las harinas y estándar	71
4.5.1	Humedad de la harina	71
4.5.2	Ceniza de la harina	72
4.5.3	Color de la harina seca	74

4.5.4	Color de la harina mojada	74
4.5.5	Plasticidad de la harina	74
4.5.6	Fuerza de la harina	75
4.5.7	Absorción de agua	75
4.5.8	Porcentaje de proteína	76
4.5.9	<i>Falling number</i> de la harina	76
4.5.10	Porcentaje de fibra cruda	77
4.5.11	pH de la harina	77
4.5.12	Sabor de la harina	78
4.5.13	Granulometría de la harina	78
4.6	Horneado de la harina	79
4.6.1	Rendimiento de la masa	79
4.6.2	Producción de gas	79
4.6.3	pH de la masa	79
4.6.4	Chiclosidad de la masa	80
4.6.5	Tiempo de horneado	80
4.6.6	Color de la tortilla	81
4.6.7	Textura de la tortilla	81
4.6.8	Temperatura de horneado	82
4.7	Formato de análisis	82
5.	ADICIÓN DE PROTEÍNA A LA HARINA PARA TORTILLA	83
5.1	Adición de proteína de soya al maíz	83
5.2	Mejoramiento de sus propiedades	83
5.2.1	Color	83
5.2.2	Sabor	84
5.2.3	Plasticidad	84
5.3	Fortificación de la harina	84

5.4	Cambios en la concentración de algunos nutrimentos en el maíz al convertirlos en tortilla	86
5.5	Contenido de aminoácidos indispensables	86
5.6	Aditivos y vitaminas para el mejoramiento nutricional de la harina de maíz	87
5.7	Aditivos para el mejoramiento nutricional de la soya	88
5.8	Vitaminización de la harina para tortilla	89
	CONCLUSIONES	91
	RECOMENDACIONES	93
	BIBLIOGRAFÍA	95
	ANEXOS	97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método nixtamalizado	67
2	Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método no nixtamalizado	69
3	Diagrama de la elaboración de tortillas con soya	88

TABLAS

I.	Características agronómicas de las variedades del maíz	1
II.	Temperatura ideal para conservación y manejo del grano	14
III.	Simbología para la diagramación	52
IV.	Niveles mínimos de micronutrientes en la harina de maíz Fortificada	85
V.	Cambios en la concentración de algunos nutrimentos al convertirlos en tortillas	86
VI.	Contenido de aminoácidos indispensables	87

GLOSARIO

- Acondicionamiento del maíz:** Un proceso que provoca cambios físicos deseados en el grano (cocción del endospermo) mediante la aplicación de vapor durante un tiempo controlado de manera precisa
- Absorción:** Es la cantidad de agua que puede absorber la harina de maíz, para elaborar una masa de consistencia ideal.
- Aditivos:** Cualquier ingrediente o sustancia que se le agrega la harina para mejorarla protegerla o prolongar su duración.
- Afrecho:** La cascarilla del maíz.
- Aspiración:** Uso de flujos de aire dirigidos y de velocidad controlada para asegurar la separación de partículas que tiene una resistencia diferente al flujo de aire debido a su tamaño, densidad, forma u otras características físicas.
- Cernedores:** Máquina giratoria utilizada para lograr una separación de tamaño de de partículas, a través de telas planas bajo un movimiento circular.

Clasificadora:	Máquina que separa los granos en lotes uniformes de acuerdo a su tamaño densidad y otros factores que controlan la calidad deseada.
Compresión de nixtamal:	En condiciones de presión y tiempo controlados en una Prensa pueden emplearse para medir el grado de cocimiento durante la nixtamalización. Nixtamales más cocidos se comprimen más que los menos cocidos.
Consistometro:	Aparato que sirve para medir la capacidad de la harinas de maíz para absorber agua y no es más que la distancia que viaja una mezcla diluida de harina en agua sobre la plataforma graduada de un consisto metro.
Desperdicios:	Se refiere a los materiales no aptos para la molienda y no deseables tales como polvo, olote, cáscaras y granos extraños, mala hierba, granos partidos piedras etc. Que se separan del grano antes de la molienda o de otros procesamientos.
Diagrama de Flujo:	Es una representación gráfica o conjunto de símbolos que muestra la secuencia e interrelación entre todos los pasos o actividades de un proceso.

Extracción:	Es la cantidad de harina que se obtiene de la molienda de 100 libras de maíz limpio.
Fumigación:	Proceso en el cual se utiliza calor, productos químicos u otros contra el hábitat de los insectos para prevenir su reproducción o provocar su muerte.
Germen:	El embrión extraído del grano del maíz.
Grano sucio:	Maíz que contiene impurezas como olote, polvo piedras y que necesita ser limpiado para que ingrese al proceso de molienda
Harina completa:	La totalidad de la harina extraída del maíz.
Harina tratada:	Harina a la cual se le agregado ciertos elementos como harina de soya, vitaminas y aditivos para la prolongación de su vida útil.
Impurezas:	Materias extrañas que contiene el maíz y que deben de ser separadas para el proceso de molienda, mediante dispositivos de limpieza apropiados.
Lavadora:	Una máquina que utiliza agua para secar el material indeseable del grano y que eyecta agua libre por fuerza centrifuga.

Limpia:	Lugar donde se realiza la limpieza del maíz y se extraen todos los desechos metálicos, tusas ramitas, olote, polvo y pequeñas semillas de granos extraños a través de Maquinaria y equipo antes de la molienda.
Maíz bruto:	Peso del maíz antes de restarle el peso de las impurezas
Molienda:	Trituración del grano de maíz por un molino de martillo.
Nejayote:	El licor resultante del cocimiento del maíz
Nixtamalización:	Es un procedimiento de antigüedad milenaria que logra, a través de la cocción de maíz en agua adicionada con cal, la gelificación de los almidones y otorga a la tortilla su proverbial flexibilidad y delicado sabor
No nixtamalizado:	se refiere al cocimiento del maíz sin agregarle cal.
Penetrometro:	Sirve para medir la firmeza de la masa
Preparación del Maíz	
Para la molienda:	Se refiere al proceso de limpieza del maíz, separación de materias extrañas antes de ser acondicionado en caliente o en frío.

Recuperación de la lavadora:	Término que se refiere a la recuperación de los sólidos captados por el agua utilizada en el lavado de los granos.
Rendimiento:	Es el porcentaje de harina que se obtiene de la molienda de 100 libras de maíz limpio
Reposo:	Proceso menos elaborado que el acondicionamiento y que produce cambios físicos deseados en el maíz adición de agua y cal tiempo de penetración debido al cocimiento para separar la cascarilla y el pericarpio.
Secadora centrífuga:	Máquina que elimina el agua de la superficie de los granos después de lavarlos mediante fuerza centrífuga e impacto.
Selección del Maíz:	En el cultivo de maíz se refiere a la clasificación y separación del maíz que ofrece las características de calidad deseadas que se ajuste a las especificaciones del producto final deseado.
Silo:	Estructura que sirve para almacenamiento a granel del maíz generalmente alto, de forma cilíndrica y construido de concreto o de laminas de metal.

Sistemas de purificación: La etapa del flujo del molino, cuya función es separar la cascarilla del endospermo, que generalmente se logra mediante una combinación de cernido y aspiración.

Tela de cernido: Término que se aplica a cualquier material de cernido o de criba (tela metálica, seda nylon otros materiales sintéticos) que se utilizan como cubierta de bastidores en Máquinas de molienda para asegurar la separación de las partículas de acuerdo a su tamaño.

RESUMEN

Actualmente, los adelantos tecnológicos y la evolución acelerada de las empresas en Guatemala, motivan al mejoramiento de los procesos de harina de maíz para tortilla de mesa. Métodos utilizados: El nixtamalizado y el no nixtamalizado,

El tema comprende un enfoque en ordenamiento a través de la estandarización de los procesos para harina de maíz.

La primera parte se refiere a todo el análisis práctico de laboratorio para la aceptación del maíz a ser procesado para la molienda, tomando en cuenta las características de formas del grano, texturas del endospermo, peso específico, humedad y porcentaje de micotoxinas.

La segunda parte describe el proceso de limpieza del maíz y ventajas que proporciona para una molienda eficiente, en donde se separan impurezas (piedras, polvo, olote, paja, etc).

La tercera parte describe el proceso de molienda, que no es más que la separación del endospermo de la cascarilla y del germen para obtener la harina y los cambios estructurales en los procesos nixtamalizado y no nixtamalizado, y descripción del equipo y Maquinaria utilizada en el proceso.

La cuarta parte se refiere al análisis de los productos de harina, tales como humedad, ceniza, color, plasticidad, absorción de agua, y las características de horneado y textura de la tortilla.

La quinta parte consiste en la importancia de agregarle soya al maíz para mejorar el contenido proteínico y fortificación de la harina.

OBJETIVOS

General

Desarrollar el proceso no nixtamalizado para la obtención de harinas de maíz, para tortillas de mesa.

Específicos

1. Proporcionar información técnica para la obtención de harina de maíz no nixtamalizada.
2. Proporcionar la descripción del proceso de maíz para la obtención de la harina de maíz en las secciones de; recepción, limpieza, acondicionamiento, molienda, cernido y empaque.
3. Proporcionar la investigación de los análisis físicos y químicos de las propiedades del maíz.
4. Adecuar la aplicación de aditivos químicos y naturales como soya para mejorar las propiedades físicas, químicas y nutricionales de la harina de maíz para obtener una tortilla de buena calidad y plasticidad.
5. Comparar harinas nixtamalizadas versus no nixtamalizadas.

INTRODUCCIÓN

Los adelantos tecnológicos y la evolución acelerada de las empresas en Guatemala, motiva a la utilización de técnicas de molienda para el mejoramiento de la PRODUCCIÓN en los molinos de cereales, sin embargo se necesita tener el conocimiento teórico y práctico. Así como los conocimientos adquiridos en la carrera de Ingeniería Industrial que aplican al campo profesional.

La formación profesional adecuada requiere de documentos bibliográficos asequibles y comprensibles en la redacción y enfoque, para hacer participativo el proceso de enseñanza aprendizaje y así profundizar en materia de desarrollo de harinas para elaboración de tortilla, por los procesos de molienda nixtamalizado y no nixtamalizado como sus ventajas y desventajas diferencias y beneficios.

Estas cualidades se encuentran en éste documento, en el cual se plasman los conocimientos de la investigación de las técnicas de PRODUCCIÓN de molienda en los molinos de harinas para tortilla y a su vez una amplia cobertura de la solución de varios problemas típicos en los cuales se avanza paso a paso en los procesos de nixtamalizado y no nixtamalizado en la elaboración de harinas para tortilla a través de pruebas de error realizadas en el laboratorio con el molino de prueba, Es necesario llevar a la práctica el proceso no nixtamalizado ya que fue un estudio teórico, que falta el diseño y desarrollo del equipo para implementarlo a nivel industrial para que no queden lagunas sobre en la forma en que se obtendrán los resultados.

Teniendo la plena confianza que éste estudio técnico y desarrollo para la elaboración de harina de maíz para tortilla es de mucha utilidad para empresas guatemaltecas que se dediquen a dicho proceso productivo como también al estudiante que desee desarrollarse en el proceso de molienda de cereales, debido a que el consumidor final demanda producto de buena calidad por lo que los procesos deben de industrializarse para dejar los procesos artesanales.

De acuerdo con la definición la tortilla de mesa es un pan blanco sin levadura con poco contenido proteínico en el desarrollo del producto se dan sugerencias para mejorar el contenido proteínico ya que a nivel de Centro América se consume en un porcentaje alto, por lo que es necesario mejorar la dieta nutritiva del ser humano se le adicionara a la harina de maíz cierto porcentaje de soya que mejore los parámetros de color sabor y consistencia del producto como también un análisis para un complejo vitamínico como el utilizado en la harina para pan.

1. CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD QUE DEBEN EVALUARSE EN LA RECEPCIÓN DEL MAÍZ PARA TENER UNA MOLIENDA EFICIENTE

1.1 Variedades del maíz

Se realiza en Guatemala un estudio para la aceptación de los híbridos para los diferentes climas, y que de los rendimientos adecuados por hectárea de maíz sembrado. Existe un programa nacional de maíz del CENTA con esfuerzo conjunto con el CIMMYT para resolver los problemas lindantes de PRODUCCIÓN de maíz, han venido desarrollando y evaluando el material conocido como H-57. El material se evaluó durante los años 1,989 y 1,990 y a partir de ese año se iniciaron las cruza. Entre sus principales características agronómicas esta el alto potencial de rendimiento y su tolerancia al achaparramiento. Según datos a nivel experimental el H-57 logra rendimientos alrededor de 6.0 t/ha. Los agricultores están de acuerdo en seguir sembrando la variedad siempre y cuando se asegure la disponibilidad de la semilla para las futuras siembras A continuación se detalla un cuadro de las Características agronómicas de las variedades de maíz.

Tabla I Características agronómicas de las variedades del maíz

Característica grano	Tipo de variedad	Color y tipo
H-5	Hibrido doble	Blanco
Semidentado	H53	Hibrido doble
Blanco semicristalino	H56	Hibrido doble
Blanco semidentado	H57	Hibrido doble

Fuente: Departamento de Ciencias y granos e Industria universidad de Kansas

Estas son las variedades de maíz que se cultivan en la región de Guatemala en los diferentes departamentos ya que el maíz es uno de los cultivos de mayor variabilidad genética y adaptabilidad ambiental sembrándose en latitudes desde 55° N a 40 ° S y del nivel del mar hasta 3800 m de altitud. Existen cultivares de menos de 1 m de altura, 8-9 hojas y una madurez de 60 días, y otros con mas de 5 m de altura, 40-42 hojas y una madurez de 340 días. Meso América es considerada su centro de origen, donde se cultiva desde las épocas precolombinas. Hay más de 250 razas clasificadas y el Banco de germoplasma de CIMMYT cuenta con más de 10 mil entradas. También existe una descripción botánica donde el maíz es una monocotiledona perteneciente a la familia Gramínea, Tribu Maydae, con dos genera: Zea (2n=20) y Tripsacum (2n=36).

El genero Zea tiene además de Z.Mays (maíz) 4 otras especies conocidas vulgarmente como Iteosinte (Z mexicana, Z. luxurians, Z. Diploperennis y Z. Perennis) Es una gramínea anual, robusta, de 1-4 m de altura. Determinada; normalmente con un solo tallo dominante pero puede producir hijos fértiles, hojas superior y glabras en parte inferior, monoica con flores unas importantes, masculinas ocurriendo normalmente 1-2 días antes que la femenina; polinización libre y cruzada con exceso de PRODUCCIÓN de polen; 25 a 30 mil granos por óvulo; granos en hileras incrustados en el olote; mazorca en su totalidad cubierta por hojas; grano cariopsis; metabolismo fotosintético.

Desde el punto de vista biológico y genético el maíz blanco es muy similar al amarillo y la diferencia radica en la ausencia de los pigmentos de aceite de carotinaque original el color del grano amarillo. Pero para la elaboración de

harinas para tortilla se utiliza el maíz blanco por consiguiente nos induciremos mas al estudio de las variedades de maíz blanco y según estudios realizados a nivel industrial el Híbrido que más se asemeja a las condiciones y características para el procesamiento de harinas es el híbrido H-57. Es un grano brillante y que da un buen rendimiento de extracción de harina en el proceso de molienda. En los países de Centro América se desarrollo un diagnostico de la industria de semilla certificada el cual describe comportamiento de la semilla mejorada de maíz especial énfasis en Guatemala por la disponibilidad de información, entre los alimentos de primer orden se encuentran los granos básicos(especialmente el maíz) que constituye la base alimentaría de la población, los rendimientos obtenidos por los agricultores se caracteriza por ser relativamente bajos, lo que implica incorporar en el proceso productivo un factor que contribuya a mejorar los incrementos en la PRODUCCIÓN y productividad en tal sentido, la semilla constituye elemento que coadyuva a mejorar los rendimientos en el cultivo.

Algunos de los problemas de adopción de las variedades mejoradas e híbridos de maíz son consecuencias de que no se ha tenido en cuenta adecuadamente las preferencias y las circunstancias de los agricultores al desarrollar esos materiales. Sin embargo en todo país la mayor restricción para la difusión de un germoplasma mejor entre los agricultores ha sido el fracaso de las industrias de la semilla en evolucionar para satisfacer las necesidades de una amplia gama de los agricultores.

Para la obtención de una variedad de maíz es necesario el buen desarrollo de un híbrido en Guatemala el ICTA desarrolla dicho estudio y las industrias de harinas de maíz han contribuido en la tecnología para el agricultor aportando variedad para que sea cosechada por el agricultor siendo la más conocida en el país el HB-53 dando buen resultado para la fabricación de harina para tortilla de mesa.

1.2 Formas del grano

El grano de maíz es una fruta completa (cariopsis) con una semilla. La semilla que consiste fundamentalmente en el embrión y el endospermo, se encuentra incrustada en el pericarpio, que es parte del ovario. En promedio el pericarpio ocupa 5.5% el endospermo 82% el embrión 11.5% y el pedicel solamente el 1% del total respectivamente. El grano contiene alrededor de 1.5 a 1.6% de Nitrógeno 0.3% de Fósforo. 0.35% de potasio, 0.03% de Calcio, 0.12% de azufre 0.17% de Magnesio, correspondiente con 75% de carbohidratos, 10% de agua. En términos de los costos de biosíntesis, la planta produce 0.78 g de grano de maíz con 1 g de glucosa. (Ver anexo 1)

La aleurona en la capa exterior del endospermo contiene las enzimas y metabolitos para iniciar la germinación. El endospermo (3n) consiste de células llenas de almidón que sirven como fuente alimenticia durante la germinación. El embrión (2n) contiene un eje central terminando en ambos extremos con el plumulo y la radícula como los meristemos primarios del tallo y de la raíz. Aun dentro del embrión, el plumulo contiene ya 5-6 internodos con hojas formadas. La primera hoja (escutelo) nunca funciona como follaje pero lo hace como reserva de aceite al 40%). La segunda hoja (coleoptilo) protege al plumulo durante la germinación. La elongación rápida del primer internodo (escutelo-coleptilo) es responsable por la emergencia durante la germinación.

1.3 Color del grano

Es bien importante el color que presenta el grano todo los análisis se realizan en el laboratorio por apariencia el maíz de las diferentes regiones que se producen en el país el que representa mejor color es el que es producido en la costa sur.

El color que se requiere para la fabricación de harina para tortilla de mesa es el blanco brillante sin granos manchados. Esto determinara harinas de color blanco y así mismo resultara un producto terminado de buen color y apariencia en la tortilla de mesa.

Para el análisis de color sé, determinara tener muestras bases de las diferentes fuentes de los proveedores para las comparaciones por regiones las muestras se deben de analizar en el laboratorio por una persona con amplia experiencia y un muestreo mínimo de tres muestra de 100g por cada camión con capacidad de 200 quintales tomadas de diferentes puntos si se recibe a granel y si él producto es recibido en sacos tomar las muestras como mínimo de 6 sacos para poder obtener la aceptación de este análisis.

1.4 Partes del grano de maíz

El grano de maíz se compone de cuatro partes principales:

- Endospermo
- Germen
- Afrecho ó cascarilla
- Punta Negra

(ver anexo 2)

ENDOSPERMA: es la parte principal del grano de maíz se encuentra en un porcentaje del 81.9%, es la parte esencial para al PRODUCCIÓN de harina sin contaminación de afrecho y germen y con un porcentaje de grasa del 24%. El endospermo en el centro, tiene un color variado de crema a amarillo y se compone principalmente de almidón y proteínas.

GERMEN: es embrión de la nueva planta el foco de vida del grano con un porcentaje de 11.9%, y con un porcentaje de grasa del 34%, siendo este alto y el cual debe de ser removido en la obtención de harina por la ranciedad que produce afectando a las propiedades organolépticas del producto final.

(Ver anexo 3)

AFRECHO: tiene un alto contenido de fibras, vitaminas y minerales tiene un porcentaje en el grano de maíz de 5.3%. Con un contenido de grasa del 1%. Este debe de ser removido en la obtención de la harina ya que afecta a la estructura de la tortilla a la hora de ser horneada. (Ver anexo 4)

Punta del maíz: es la parte externa superior del grano de maíz la cual se encuentra en un 0.83% conteniendo un porcentaje de grasa del 2% la cual debe de ser removida en la obtención de la harina. (Ver anexo 5)

Estas son las partes del grano y cualquier persona o empresa que se dedique a la fabricación de harina para tortilla debe de conocer la parte esencial de la materia prima la cual se transformara y sufrirá ciertos cambios fisicoquímicos en el proceso de molienda.

1.5 Textura del endosperma

La textura del endospermo debe de ser dura a intermedia, con un pericarpio que sea fácil de remover durante la cocción alcalina. Los híbridos producen un maíz con grandes diferencias en las propiedades de la cocción alcalina. Los granos suaves se cuecen demasiado rápido, el pericarpio no es removido, las pérdidas de materia seca son excesivamente altas y los costos de

desagüe son prohibitivos.

Se están realizando grandes estudios para procesos de PRODUCCIÓN de híbridos de excelente calidad. Estos híbridos son sembrados en un convenio con los productores de harina para tortilla en los países de Norte América Estados Unidos y México son los pioneros en el desarrollo de estas variedades que den resultados óptimos en la molienda de cereales para la obtención de harinas de maíz.

El mejor maíz para los procesos alcalinos tienen una textura de intermedia a dura, con una corona esférica, modesto, con abolladuras poco profundas y un pericarpio fácil de remover.

Estos híbridos tienen granos que tienen mayor tolerancia a la sobre-cocción, abusos en el manejo y pérdidas de la materia seca.

Como el endospermo del maíz es de vital importancia en el proceso de molienda ya que del análisis que se realice dependerá del rendimiento del grano en la harina y la calidad del mismo por eso es necesario realizar en el laboratorio una molienda de prueba para determinar la calidad del endospermo.

1.6 Peso específico del maíz

Es de vital importancia el análisis que se realice ya que de este resultado depende el rendimiento de harina que se obtendrá en el proceso de molturación.

Se determina el peso específico por bushel. Y no es mas que el peso del

grano requerido para llenar una medida de bushel Winchester que es equivalente a 2,150.42 pulgadas cúbicas de cantidad equivalente a 5,462 centímetros cúbicos.

Este factor se determina utilizando un aparato aprobado que contiene una olla con capacidad de 1 cuarta seca (1K). Esta determinación se efectúa con una porción representativa del grano no menos de $1 \frac{1}{8}$ a $1 \frac{1}{4}$ de cuarta tomada de la muestra representativa proveniente del separador Boerner.

El peso específico por bushel es un factor de grado. Generalmente es expresado en libras por bushel también se expresa kilogramo por hectolitro. Para determinar el peso específico por bushel, la muestra de trabajo es colocada en una tolva hermética la cual esta centrada sobre la marmita. Rápidamente se procede a abrir la válvula para determinar la salida del grano y llenar la marmita. Un batidor estándar tomado por ambas manos con los lados planos en posición vertical es utilizado para remover el grano excesivo de la parte superior de la olla mediante tres movimientos completos en zigzag. Luego se cuelga cuidadosamente la olla de un soporte de la balanza y se mueven las pesas hasta que el brazo de la balanza quede perfectamente balanceado. Luego se procede a leer el peso específico por bushel.

(Ver anexo 6)

El peso específico para el maíz oscila entre un 80 ± 1 y dependerá de la variedad a hacer analizada.

1.7 Humedad del maíz

La humedad del maíz no es más que la cantidad de agua natural o agregada contenida en un producto, en todas las pruebas que se realizaron en

la investigación de los diferentes híbridos y variedades de maíz que se cultivan en la región de Guatemala se realizó una clasificación determinándose por lugar de origen dando mejores resultados de humedad en la costa sur dependiendo mucho del tiempo en que se coseche el maíz o de la utilización de secadores. Ya que la humedad del maíz es determinante para el ensilado y conservación del mismo. Determinándose que la humedad máxima debe oscilar entre 13.5 más o menos 1 esto ayudaría a que el producto no se caliente y pierda sus propiedades.

1.8 Porcentaje de impurezas

Es el porcentaje de material extraño que contiene el maíz sucio. El porcentaje debe oscilar entre 2 más o menos 1 por ciento, para ser aceptado en la recepción del maíz y determinado por el laboratorio. Los materiales extraños pueden ser piedras, tierras o semillas de otros cereales que dañarían la calidad del producto terminado en la molienda. (Ver anexo 7)

1.9 Porcentaje de grano quebrado

El grano encogido o partido es un factor que determina el grado del maíz. Para la determinación de los porcentajes, utiliza un cernedor metálico con cribas que oscilan desde 10mm hasta 5mm de apertura el cual se extraen 3 muestras representativas del lote que ingresará al molino el tamaño de la muestra será de 250 gramos el cual será cernido durante tres minutos por una cernedora de prueba en el laboratorio determinando así el porcentaje del grano y pesando lo que atravesó la tela de 10mm dicho peso nos determinará el porcentaje de grano quebrado promedio del lote. Se determinó en las pruebas realizadas en el laboratorio un estándar de 3 más o menos 1 por ciento. Ya que si

se aceptan más del estándar afectaría en la merma que se obtendría en la molienda y por ende en el costo del producto a ser procesado y se obtendrían bajos rendimientos en la molturación. (Ver Anexo 8)

1.10 *Falling number* del maíz

Es una prueba que se basa en la rápida gelatinización de los almidones. Esta prueba se realiza al maíz para determinar que una pequeña parte de los gránulos de almidón, son gelatinizado durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad de las enzimas de almidón aumentan durante la cocción del maíz con cal pero el mayor incremento ocurre durante la molienda y el horneado. Cambios en la fracción almidonada modifica las propiedades pastosas del almidón y esto modifica las propiedades pastosas del almidón y esto imparte las características de la textura a la masa del 4 al 7% de almidón gelatinizado forma una goma. (Ver anexo 9)

1.11 Contenido proteínico

El maíz y sus derivados contienen casi todo, los nutrimentos en mayor o menor cantidad y su composición cambian según la variedad y otros factores ambientales. Los tipos de maíz que se producen en Guatemala reportan una composición promedio de 8% de proteína, 70% de hidratos de carbono, 4% de grasa; 4% de minerales; y 3% de celulosa. Existen sin embargo, grandes variaciones en el contenido y calidad de la proteína entre los diferentes tipos de maíz.

En general, los valores indican que el maíz es un alimento de bajo contenido de proteína total, pero alto en hidratos de carbono, característica que lo coloca, como otros cereales, entre las fuentes excelentes de energía. El maíz

por otra parte, contiene cantidades un poco menores que el trigo. El valor nutricional de la proteína en los alimentos depende tanto de la calidad como de la cantidad de ésta. Debido a que la diferencia en el contenido de proteína total en los cereales es relativamente baja, el factor de calidad es el de mayor importancia. Una proteína alimentaria con una composición de aminoácidos indispensables similar a la de los tejidos corporales será una proteína de mejor calidad, que una cuya composición sea diferente.

El contenido de aminoácidos de las proteínas del maíz es más o menos constante. Puede notarse una baja concentración de dos aminoácidos indispensables, lisina y triptofano, y valores altos como los de leucina, en comparación con los valores de estos aminoácidos en la leche.

Las proteínas del maíz se componen de dos fracciones:

Proteínas localizadas en el germen que están bien equilibradas desde el punto de vista de nutrición, pero que lamentablemente solo representan el 20% del contenido total de proteínas en el maíz.

Proteínas que se encuentran en el endospermo, la zeína, que tiene cantidades insuficientes de dos aminoácidos indispensables lisina y triptofano. La zeína representa aproximadamente el 50% de la proteína total en el grano entero.

La proteína de maíz por lo tanto posee un bajo valor nutricional debido a su escaso contenido proteínico y a las deficiencias en aminoácidos indispensables, principalmente lisina y triptofano de sus proteínas. Si bien el maíz representa para la cultura de América su modus vivendi, la tortilla es el modus operandi imprescindible de la dieta.

Con el consumo de maíz la población de Guatemala satisface entre el 65% y 80% de sus necesidades de energía y el 65% de las proteínas y el 90% de calcio total de la dieta cuando se le consume en forma de tortilla. El método que se utiliza para determinar la cantidad de proteína es el de rayos infrarrojos y se representa con base al 14%, comparando con los parámetros de la muestra base de un 8% de proteína si cumple con los parámetros. Las proteínas del maíz están en el rango de 8 a 9% que son los parámetros especificados para la aceptación del maíz para ser procesado para la molienda.

1.12 Porcentaje de micotoxinas

El grano de maíz para ser procesado en una planta de cereales debe contener máximo 20 partes por millón.

Es un veneno llamado Micotoxina, de Myco que significa moho (hongo) toxina que significa veneno, son sustancias venenosas producidas por moho. Cuando son consumidas, las Micotoxinas actúan sobre el cuerpo en varias maneras, Algunas de la Micotoxinas producen cáncer en el hígado y otros órganos mientras otras producen trastornos (desordenes) respiratorios y digestivos, o trastornos cerebrales o nerviosos, u otros síntomas. Las Micotoxinas son invisibles, así que la apariencia del grano en general es una ayuda para determinar cual grano puede contener Micotoxinas. Porque las Micotoxinas son venenos no agentes patógenos vivos, la añadidura de inhibidores de moho o antibióticos al alimento contaminado no soluciona el problema o alivia los síntomas.

El maíz contaminado con micotoxinas provocara daños al ser humano al ser ingerido. Permanece presente el hongo en el producto aunque sea procesado a altas temperatura. Es bien importante para evitar estos hongos

mantener controlada la humedad del maíz para evitar el calentamiento.

Para la determinación fácil, en el laboratorio se tendrá un aparato para analizar visualmente el grano para determinar si este tiene Micotoxinas deberá tornarse de color verde fosforescente en una muestra de 100 gramos.

El maíz que se calienta por encima de 28 grados centígrados y contiene más de 16% de humedad tiene mayor riesgo de desarrollar Micotoxinas.

(Ver anexo 10)

1.13 Ph del maíz

Es un análisis que se le realiza al grano de maíz para determinar la acidez o la alcalinidad, los resultados obtenidos en la materia repercutirá en el producto terminado y dará cierto resultado en el sabor del producto terminado. Si tiene acidez baja la harina que se obtendrá dará buenos resultados.

Cuando el grano esta dañado el PH es mayor que 7 indica alcalinidad. Si el PH es menor que 7 indica acidez y dan una harina de buena calidad. Si el ph es menor que cinco son demasiados ácidos y producen resultados pobres en el horneado de la tortilla. De la acidez que presente el grano juega un papel importante en el amasado y el color y textura de la tortilla.

El procedimiento para el análisis de acidez en el maíz es el siguiente:

- Se tritura 100 gramos de maíz con tela 1 mm de apertura
- Se pasa al cernedor de prueba y se pesan 20 gramos de la muestra obtenida.

- Se miden 60 ml de Exano, se coloca por un tiempo de 30 minutos a velocidad media en el buril, *Se coloca en probeta de 20 ml*
- Agregar 20 ml de alcohol etílico y agregar hidróxido de potasio en la cantidad de 0.6 ml hasta que alcanzar el color del alcohol etílico
- Se Revisara la humedad inicial del maíz.

1.14 Tratamiento, manejo y ensilado del maíz

El tratamiento que se le debe dar al maíz es, para darle conservación y ayudar a mantener la calidad del grano, los factores fundamentales; la temperatura a la que debe mantenerse, la razón ó velocidad de deterioración, la humedad a que el grano es almacenado dependerá de la vida útil del grano antes de ser procesado. La ciencia del almacenamiento da mucho énfasis y el manejo se enfoca en la temperatura, la humedad y las condiciones iniciales. La deterioración en el maíz almacenado es causada casi siempre por la respiración de los mohos en la masa del grano. La temperatura ideal para conservación y manejo del grano oscila de la siguiente forma:

Tabla II Conservación y manejo del grano

TEMPERATURA Oc.	VELOCIDAD DE DETERIORACION
30	1.9
27	1.6
24	1.0
21	0.8
18	0.6

Fuente: Departamento de Ciencias y granos e Industria universidad de Kansas

Esto indica que la razón de deterioración será, dos veces más rápida a 30 grados centígrados que a 24 y será solo un tercio más rápida a 18 grados centígrados en otras palabras el maíz se conservara por un tiempo tres veces por un tiempo tres veces mayor a 18 grados centígrados. Es determinante saber el origen del maíz así el grano en el trópico se calienta por dos razones. Cuando el grano es transportado del barco al silo. Este llega a estar en contacto con el aire caliente. Una vez en el silo, la energía radiante del sol es conducida a través de las paredes del silo. El grano se comporta como aislante y muchas de las kilocalorías de la energía calórica son requeridas para aumentar la temperatura interna en el silo de maíz. Se debe de colocar sensores de cable, localizados en el centro del silo que detecte para detectar el calentamiento del grano en el silo. El almacenamiento se hará en los silos metálicos, el grano se calienta mucho más rápido, pero el patrón de los cambios de temperatura es igual al de los silos de concreto. En los silos de metal el grano se conserva más frío debido a que existe alta respiración y baja de temperaturas se conserva mejor. El grano frío se calienta también debido al calor producido por la respiración de microorganismos. Cuando los mohos (hongos) se desarrollan en el grano, ellos consumen el almidón, la proteína, el aceite del grano produciendo calor CO₂ y agua en el proceso. El agua y el calor son capturados por el grano aumentando la razón de respiración.

Se debe de observar los patrones y razones de cambio de temperatura como si el grano se está calentando y que tan rápido y si se debe a un cambio biológico que producirá grano deteriorado.

La mejor forma de manejar la situación para minimizar la deterioración del grano es utilizando ventiladores extractores, conservando el frío, utilizando la aireación en el trópico, las causas del cambio de temperatura en el grano,

implementando sistemas para vigilar la temperatura sensores.

Los ventiladores extractores son ventiladores pequeños, por lo general tienen de $\frac{1}{2}$ a 1 HP (caballo de fuerza) y se localizan generalmente cerca del pico del techo del silo. Estos absorben el aire de afuera hacia adentro del silo por debajo de los aleros y a través de los respiraderos de los techos. Los ventiladores de extracción mezclan el aire del ambiente con el aire caliente y húmedo saliendo de la masa del grano. Estos son conectados a sistemas automáticos activados a los ventiladores de aireación son encendidos cuando la temperatura del espacio sobre el grano es mayor al límite preestablecido sobre la temperatura del ambiente.

Conservando el frío a menudo el patrón del cambio de temperatura le dice al encargado que el grano que esta arribando frío de donde se cosecho simplemente esta llegando al equilibrio con el medio ambiente en el lugar del almacenamiento. La mejor decisión para la conservación es no dejar que el frío se escape.

Utilizando aireación en el trópico la mejor estrategia en este caso es utilizar el grano inmediatamente, antes de que el grano se caliente a más de 30 a 35 grados centígrados. El objetivo de la aireación es que el aire del ambiente se lleve el calor y humedad excesivos manteniendo las temperaturas del grano más de unos grados de la temperatura de ambiente.

En los granos almacenados se debe de verificar las características del olor, la humedad, y la temperatura del grano. Cuando existe cambio en la temperatura de la masa del grano almacenado puede ayudar a dar un diagnostico de la condición dentro de la masa del grano y detectar problemas. Asimismo la misma temperatura en el grano puede indicar diferentes cosas en diferentes situaciones.

Las causas del cambio de temperatura en el grano son la humedad con el aire que lo rodea, falta de ventilación en los silos donde se tiene almacenado, problemas de insectos y mohos (hongos) este es el calentamiento causado por infestaciones por lo general empieza en un punto determinado dentro de la masa de granos, a menudo en la punta de la pila de granos. La determinación causada por hongos se puede ver después de unos meses del almacenamiento del grano debido a los insectos por mala limpieza del maíz antes de almacenarse.

Los sistemas para controlar la temperatura los más comunes de termo pares, un cable de acero proporciona fuerza contra la presión del grano, alambres delgados de cobre y alambres hechos de una aleación proveen las lecturas.

Para el buen tratamiento, manejo y ensilado del maíz para un buen entendimiento de los procesos biológicos dentro de la masa del grano y una buena habilidad administrativa, así la vigilancia de las temperaturas es especialmente en las regiones tropicales ya que estos son indicadores de la condición del grano como también debe ser controlado durante el almacenamiento para minimizar la deterioración y mejorar la eficacia de la aireación. Los pasos a seguir son los siguientes para el óptimo manejo y conservación del grano:

- 1 Controlar estrecha y constantemente la temperatura del medio ambiente, infestaciones que deben de ser anotadas metódicamente y correctamente para que sean útiles.

- 2 Manténgase el grano frío fresco el mayor tiempo posible.

- 3 Utilizar el grano que sé esta calentando antes de que su temperatura alcance 35 grados centígrados. Si no es utilizado ventílelo hasta que el calor y la humedad excesivos son removidos completamente del silo.

- 4 La concentración de materia fina en la zona de descarga probablemente inicia la deterioración porque es buena fuente de alimento para mohos (hongos) que producen calentamiento. La materia fina debe de ser removida al limpiar el grano antes de almacenarlo en el silo. (Ver anexo 11)

2 LIMPIEZA Y ACONDICIONAMIENTO DEL MAÍZ EN FRÍO Y EN CALIENTE

2.1 Importancia de la limpieza del maíz

Para la elaboración de harinas es de suma importancia la limpieza del grano el cual consistirá en eliminar toda la materia extraña que pueda dañar las propiedades fisicoquímicas de la harina, esta limpieza debe de hacerse desde la recepción de la materia prima ya que entre menos granos dañados se almacenen también mejorara la conservación del maíz en los silos.

Es de vital importancia la limpia que se le haga al maíz en las industrias de cereales, este factor determina la calidad de los productos que se obtienen en el proceso de molienda y acabado de las harinas.

2.2 Productos que deben separarse

Como todo cereal que es traído de las diferentes regiones donde se cosecha el maíz tiene un proceso mecánico o manual.

Si el proceso es manual se tendrá menos granos partidos pero más aumentó de olote y grano chupado, en el proceso mecánico el maíz es procesado a través de Máquinas las cuales le quitan el recubrimiento a la mazorca de maíz la desgrana, obteniendo menos olote y pelo de la mazorca

con el inconveniente de que aumenta el grano quebrado para que llegue el maíz a las plantas de procesamiento del cereales en condiciones optimas para ser almacenadas y procesadas en la molturación del producto.

Las materias que se extraen en la limpia son el olote, el grano quebrado, el grano manchado, tierra, y piedras que lleva el grano de maíz, la principal razón es para obtener una molienda eficiente en el proceso de molturación y lograr una buena extracción en el maíz limpio para obtener un producto final con buenas características de calidad.

2.3 Proceso y Maquinaria para realizarlo

A esta sección del molino de cereales se le denomina primera limpia y el objetivo principal es eliminar toda materia extraña que dañe la calidad del producto final. El grano de maíz es transportado hasta la recepción del grano el cual es vaciado en la tolva con capacidad de 500 quintales el cual es llevado por un transportador al elevador de cangilones con capacidad de 5 quintales por minuto. Se descarga por gravedad hacia una tarara que es una Máquina que emplea aspiración para extraer el polvo, pelo, olote pequeño. Siguiendo la gravedad el grano pasa a una zaranda rotativa que tiene Cribas metálicas de 10 mm y 5mm de abertura.

Las telas de 10mm servirán para quitar el olote que sea más grande de tamaño que el grano de maíz lo que queda en al parte superior de la tela es el olote y va hacia un pasaje de rechazo y es una impureza que se desecha. El producto pasante que es el maíz en buen estado y quebrado pasa a la siguiente tela de 5mm la cual rechaza el maíz en buen estado y lo envía al pasaje de los

silos de maíz limpio donde es almacenada para luego ser procesado en la molienda. El producto que paso la tela de 5mm es el grano quebrado cayendo en la tela de 3mm y es el producto de rechazo de dicha tela y va al pasaje de las impurezas lo que pasa la tela es la tierra o piedra que no fueron removidas por la tarara. Con esta Maquinaria logramos separar un 90% las impurezas que dañarían la estructura del grano al momento de ser almacenada y procesada en la molturación o molienda la cual se expresa en % de 2 a 3% que mermara para la obtención del rendimiento del maíz sucio en la cuestión del costo en la fabricación de harinas de maíz. (Ver anexo 12)

2.4 Acondicionamiento

Es el proceso de aplicar agua o vapor al grano de maíz para obtener cambios físicos beneficiosos previos al procesamiento de endurecer el afrecho, ablandar el endospermo. Por medio de aplicaciones del tiempo y cantidades necesarias de agua y de la humedad inicial del maíz hasta al humedad requerida y el tiempo necesario de reposo antes de entrar al proceso de molienda en el molino de maíz.

Una mirada micro en el proceso para envolverse en el acondicionamiento de maíz consiste:

- **PENETRACIÓN DE AGUA:** Se distribuye equitativamente a través de todo el grano en un periodo de 2 a 10 horas. Estudios más recientes determinaron que las propiedades eléctricas estabilizaban cinco horas después de la aplicación.

Los métodos básicos a través de los cuales se puede distribuir el agua en el grano: **Acción capilar** que consiste en la distribución del agua mientras esta en

estado líquido. El otro método es el de **Difusión** el cual consiste en la distribución del agua en estado molecular.

Estudios microscópicos sugieren que la fase inicial de acondicionamiento progresa relativamente rápido por acción capilar. Pero una vez que el agua se ha distribuido a través del grano hasta los niveles de las células del endospermo se notara una distinción entre las variedades de maíz y de la dureza del grano.

2.5 Propósitos del acondicionamiento

Es asegurar que el grano de maíz llegue al proceso de molienda en condiciones óptimas de tal manera que en la rotura del grano las operaciones mecánicas dañen lo menos posibles las propiedades fisicoquímicas del grano. Las características especiales que cambian en el grano cuando se humedece el afrecho y el endospermo.

Ayudan a mejorar las características de granulación cuando el agua ha penetrado el endospermo. El almidón se infla con la absorción de agua.

Con el acondicionamiento es más fácil remover la cascarilla del maíz. El objetivo principal es asegurar por un lado que el maíz este lo suficientemente hidratado para lograr una separación fácil del endospermo desde la cascarilla.

Otros de las características del acondicionamiento es que el grano este lo suficientemente húmedo para asegurar: que la cascarilla es lo bastante resistente como para evitar ser quebrantada en forma innecesaria. Para que en el proceso de molienda sea fácil moler el endospermo y obtener harinas con un mínimo de impurezas.

- Con un acondicionamiento adecuado se dañara lo menos posible el almidón en la molturación y se obtendrán harinas con características de buena calidad y textura adecuada en la tortilla.

El buen acondicionamiento del grano nos dará un factor determinante en el rendimiento que se obtenga en la extracción de harina a sí como el tiempo de reposo del grano antes de ser procesado.

2.6 Tipos de acondicionamiento

Los tipos de acondicionamiento para el grano de maíz que se realizan son en frío y en caliente.

El acondicionamiento en frío es el que se le realiza al maíz agregándole agua dependiendo del flujo de maíz que pase en la sección de limpia a sí se le dosificara el agua en litros por minuto luego el maíz será reposado por 10 horas antes de ser procesado. Este acondicionamiento es especial para el desarrollo de piensos o harinas para hacer atol o tostadas.

El acondicionamiento en caliente es aquel donde se le agrega vapor al maíz a una temperatura de 70 grados centígrados ya que es la temperatura optima para que el grano se hidrate lo suficiente, dando así un endospermo fácil

de remover la temperatura máxima es de 90 grados centígrados pues a mayor temperatura el grano no se gelatiniza quedando demasiado suave, quedando una masa flácida y chiclosa que no permite la elaboración de la tortilla de mesa.

2.7 Ventajas y diferencias del acondicionamiento en frío y en caliente

Como se vio anteriormente el acondicionamiento en frío es adecuado para la elaboración de harinas para atoles como ejemplo en Guatemala Incaparina, el maíz recibe un precocido para que sea más fácil de remover la cascarilla la punta del maíz y parte del germen no necesita un cocimiento elevadas temperaturas. Para la elaboración de harina de tortilla de mesa se utiliza el acondicionamiento en caliente para la cocción del maíz bajo los métodos nixtamalizado y no nixtamalizado.

MAÍZ CON CAL (NIXTAMALIZACIÓN)

MAÍZ SIN CAL (NO NIXTAMALIZADO)

NIXTAMALIZACIÓN: Es un procedimiento de antigüedad milenaria que logra, a través de la cocción del maíz en agua adicionada con cal, la gelificación de los almidones y a sí mismo otorga al producto terminado, tortilla de mesa la flexibilidad y delicado sabor.

Con la nixtamalización se libera la lisina disponible en el maíz y además se transforma a la tortilla de mesa en fuente abundante de calcio. En la actualidad se observa que las condiciones del procesamiento para la obtención

del nixtamal varían dependiendo del tipo de escala de PRODUCCIÓN (doméstica, comercial o industrial); del molino o tortilladora; de los hábitos regionales y formas de consumo y de las variedades del grano.

NO NIXTAMALIZADO: Es el acondicionamiento que se le da al maíz sin cal solamente agua al grano lo que da como resultado una cocción más lenta aumentando el tiempo el cocimiento del maíz y complicando la remoción de la cascarilla por lo que se necesitara de Maquinaria mas sofisticada para removerla. Con la remoción adecuada del porcentaje de cascarilla en las pruebas hechas en el laboratorio se logro las mismas propiedades que la harina acondicionada con cal el procedimiento para hacerlo se explicara en los siguientes capítulos.

Si el objetivo primordial del acondicionamiento es ablandar el endospermo para que sea fácil la remoción de la cascarilla del maíz entonces dependerá de lo que se desea y el producto que se determine fabricar así se recomendara que el acondicionamiento en frío es para piensos y harinas para atol y el acondicionamiento en caliente es para la elaboración de harinas para tortilla de mesa de la misma forma la molturación es diferente.

2.8 Cálculos y fórmulas para un buen acondicionamiento

Como se determino que existen dos tipos de acondicionamiento frío y en caliente se delimitaran los parámetros para cada uno de ellos y a sí mismo los procedimientos para realizar un acondicionamiento adecuado que de los rendimientos aceptables en la molturación del grano y un producto terminado de buena calidad. De la importancia que se le de al acondicionamiento del maíz blanco dependerá el éxito de una empresa que se dedique a la molienda de cereales para la obtención de harinas de maíz para tortilla de mesa.

2.8.1 Flujo del maíz (lbs/min)

Sé define como la cantidad de maíz que esta pasando por una sección del área de limpia la cual se expresa en libras por minuto esto servirá para determinar la cantidad de agua que debe dosificársele al maíz pero es importante determinar la humedad inicial del grano como también la humedad a la que se requiere llevar el grano o en otras palabras al humedad requerida.

Para determinar el flujo de maíz es necesario medir en un minuto que cantidad de grano esta pasando expresado en lbs/minuto. El equipo que se necesita es un cronometro y una balanza para pesar la cantidad de maíz obtenida en cierto tiempo.

2.8.2 Humedad inicial del maíz

La humedad no es más que la cantidad de agua natural o agregada contenida en el grano de maíz. Esta prueba se realiza para determinar la cantidad de agua presente en el grano que va a ser acondicionado y son sometidos a condiciones de secado, temperatura de 100 grados centígrados. Por las experiencias y las pruebas realizadas en el laboratorio la humedad promedio oscila entre 13 más menos 1%.

El material y equipo para hacerlo es un dole, una balanza analítica, una cápsula de aluminio, una espátula, y el grano de maíz.

El procedimiento para realizarlo se pesa 10 gramos de maíz en un platillo

previamente tarado, se distribuye uniformemente y se coloca en el determinado de humedad a una temperatura de 200 grados centígrados durante 7 minutos y se lee la humedad que da el aparato.

Existe otro aparato más rápido de calcular la humedad es el Nir en el cual se pesan 20 gramos de maíz molido y automáticamente lee la humedad del maíz.

2.8.3 Humedad requerida

Es la humedad del maíz a la que se requiere llevar y para esto es necesario dosificarle agua y reposar el grano la humedad debe de oscilar en un uno por ciento mas de la humedad inicial y es la humedad a la que debe ser molturado el grano.

2.8.4 Cantidad de agua a agregar

La cantidad de agua a dosificar es él calculo más importante que se realiza tomando en cuenta la humedad inicial del maíz, la humedad requerida del maíz para la molienda y el flujo del maíz en libras por minuto.

El agua puede ser dosificada a través de un rociador por medio de una computadora que le permite ingresar la humedad inicial del maíz, el peso específico, el flujo del maíz y el automáticamente dosificara la cantidad de agua dependiendo de la temperatura del grano y los parámetros descritos la formula que utiliza es la siguiente:

Hi = humedad inicial del maíz.

Hr = humedad requerida del maíz

F = Es el flujo de maíz que cae en libras por
Minuto.

K = constante el libras/litro.

Q = Cantidad de agua necesaria expresada en
Litros/minuto

$$Q = \left(\frac{100 - H_i}{100 - H_r} \right) * F * K$$

Para la determinación de las constantes necesario saber:

1 gramo = 8.33 libras de agua

1 litro = 0.2642 g

Entonces $(1g/8.33lb/agua) * (1 litro/0.2642g) = 2.20078 lb./litro.$

Y sacándole el inverso $1 / 2.20078 = 0.46 lt/lb.$

K = 0.21 lt / kg.

Con esta formula logramos determinar la cantidad de agua necesaria que debe de adicionársele al maíz dependiendo de la humedad a la que se requiera llevar esta se utiliza para un acondicionamiento en frío y es para la elaboración de harinas de atol.

2.8.5 Tiempo de reposo

Es el tiempo necesario para que el agua penetre al endospermo del grano y sea más fácil de triturar en los molinos y a sí mismo remover la cascarilla y la punta del maíz esto hará que obtengan sémolas más limpias y harinas de excelente calidad para la elaboración de tortilla de mesa.

El tiempo de reposo si es un acondicionamiento en frío el ideal es de 10 horas.

Si el acondicionamiento es en caliente nixtamalizado el tiempo óptimo será de 45 a 55 minutos a temperatura de 70 a 90 grados centígrados.

Si el acondicionamiento es en caliente sin cal el tiempo será de 60 a 70 minutos a temperaturas de 80 a 90 grados centígrados.

2.8.6 Tiempo de cocción

Se le denomina así al cocimiento del maíz que puede ser con la adición de agua y cal, con vapor generado por una caldera con 100 psi la cual genera temperaturas de 0 a 100 grados centígrados el maíz tiende a ponerse suave y fácil de ser triturado y de remover las partes indeseables en la elaboración de la harina. (Ver anexo 13)

2.8.7 PSI de la caldera

Es la unidad de presión de la caldera para generar el vapor y lograr una temperatura homogénea para la cocción del maíz.

2.9 Diferencias en el acondicionamiento nixtamalizado y no nixtamalizado

La diferencia de estos procesos radica de que el cocimiento del maíz uno se realiza con cal, el otro sin cal para hidratar el maíz y remover la cascarilla.

Durante la nixtamalización ocurren cambios de la composición del maíz los cuales son:

- Incremento en el contenido de los minerales debido a la introducción de los iones de calcio.
- El contenido de grasa se reduce debido básicamente a la hidrólisis alcalina de los ácidos grasos. El ácido linoleico el que se ve principalmente afectado.
- La cantidad de fibra cruda también disminuye, ya que durante la nixtamalización se separa el pericarpio del grano y por el lavado a que es expuesto el nixtamal. Se elimina parte de este pericarpio.
- El contenido de proteínas disminuye. Esto se debe a la solubilidad e hidrólisis de algunas fracciones proteínicas, principalmente gluteninas, que se pierden en el nejayote. Sin embargo, la calidad de la proteína que permanece en el nixtamal mejora notablemente, debido a la mayor disponibilidad de aminoácidos en las fracciones peptídicas después de la hidrólisis. Únicamente 10% de la proteína se pierde durante el proceso de elaboración de tortillas.
- Los hidratos de carbono del endospermo del maíz también sufren modificaciones. Ocurre una gelatinización parcial de los gránulos de almidón lo que ocasiona el rompimiento de los gránulos y la liberación de

las cadenas de almidón (amilosa y amilopectina). Las cadenas así liberadas son expuestas a la acción del medio alcalino, lo que provoca una hidrólisis cuyo nivel depende de que tan severo sea el tratamiento en cuanto a la temperatura, tiempo de exposición al calor y concentración de cal. Parte de la glucosa producida por la hidrólisis del almidón, así como las maltodextrinas, dextrinas y almidón, pasan al nejayote. Durante la elaboración de la tortilla, debido a la alta temperatura y a la cantidad limitada de agua, ocurre la fusión de los gránulos de almidón, lo cual ayuda a formar la red estructural básica de la tortilla.

- Sobre las vitaminas hidrosolubles tiene una acción destructora.
- El maíz nixtamalizado presenta un mejor valor nutritivo que el maíz crudo.

El tratamiento con cal facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, afecta en el sabor, olor, color vida de anaquel y el valor nutricional de la tortilla.

La cal actúa de una manera similar aun álcali muy fuerte separando a la fibra en sus componentes como hemicelulosa. En algunas instancias las concentraciones elevadas de cal son utilizadas para incrementar el Ph de la tortilla a un nivel en el cual el desarrollo microbiano es retardado o retrasado. La cal penetra en el grano principalmente a través del germen, el cual es la parte anatómica que contiene una mayor concentración de calcio después de la cocción y remojo.

La cal afecta a la cantidad de los sólidos que van al sistema de desagüe en la planta debido a que menos 0.2% es retenida por el grano en la cocción y

el remojo, el resto es descargada, al flujo de la planta por lo que es necesario construir grandes tanques para reciclar el flujo del nejayote por decantación y es necesario tener grandes extensiones de terreno para poder operar la planta y no contaminar el ambiente esto nos dice que no puede estar dentro del perímetro de la ciudad.

EN EL PROCESO NO NIXTAMALIZADO: Se obtienen las mismas propiedades con la diferencial que el nivel nutritivo es más bajo y no tendrá calcio. En el desarrollo de este trabajo se realizaron pruebas en el ámbito de laboratorio se realizo una cocción de maíz solo con agua y se determino que se necesitaba mas tiempo que el proceso con cal ya que el objetivo principal de la cal es remover la cascarilla del grano mientras que con el proceso sin cal no se remueve por lo que es necesario utilizar Maquinaria para remover la cascarilla para que de un producto con las mismas características de un proceso con cal. En la prueba realizada se le quito al grano de maíz la cascarilla se trituro el grano en un molino de prueba del laboratorio y se determino que daba las mismas características, de plasticidad a la tortilla, buen sabor y color

2.10 Proceso y Maquinaria para realizarlo

La Maquinaria para realizar este proceso de acondicionamiento nixtamalizado y no nixtamalizado consiste en:

- Silo de maíz limpio capacidad de 100 quintales.
- Dosificador de agua
- Dosificador de cal
- Caldera
- Termómetro de temperatura
- Olla de marmita con capacidad de 100 quintales

- Lavadora centrífuga
- Tanques para drenar el nejayote
- Silo de reposo con capacidad de 200 quintales cada uno.
- Tarara para eliminar cascarilla
- Zaranda circular.

El proceso para el acondicionamiento nixtamalizado se realiza cuando el maíz se trae de los silos de maíz limpio a través de un elevador, es llevado al silo de acondicionamiento luego es transportado por gravedad a la olla de marmita, donde se le dosifica el agua y cal al batch durante, 50 minutos a una temperatura de 80 grados centígrados logrando así la cocción del maíz y se traslada por gravedad a la lavadora centrífuga, donde por la rotación y fricción del producto se remueve fácilmente la cascarilla del maíz, transportándolo por gravedad a los silos de recepción de maíz antes de ser triturados.

El proceso no nixtamalizado se le denomina así porque en el proceso de cocción no se le agrega cal, el cual llevan mas tiempo en el cocimiento y a una temperatura de 90 grados centígrados, el tiempo necesario oscila entre de 60 a 70 minutos luego es llevado a la lavadora centrífuga, donde debido a la velocidad centrífuga el agua es extraída dando un secamiento previo a ser almacenado en los silos que alimenta el molino triturador.

COCIMIENTO Y REPOSO: el cocimiento de los granos de maíz ocurre durante el calentamiento y el enfriamiento de la mezcla de maíz, cal y agua, existen varias alternativas de adición del grano al agua para su cocimiento que se emplean actualmente. El grano se adiciona al agua caliente o el agua se calienta con el grano dentro para después sostener la temperatura de la mezcla, eliminar la fuente de calor y entonces dejar de reposar. En ocasiones, principalmente para la elaboración de productos fritos se adiciona agua fresca a

la mezcla caliente para detener el cocimiento.

El cocimiento aplicado al maíz tiene la función de hidratar el grano, suavizar el pericarpio, desnaturalizar proteínas y gelatinizar parcialmente el almidón. Estos cambios físicos y químicos aumentan en la medida que los gránulos son más pequeños, están más quebrados y/o fracturado, la cal es más activa y soluble, y se aplica mayor temperatura arriba de aproximadamente 60-70 grados centígrados por mas tiempo. El periodo de reposo (o descanso) debe de permitir la difusión de la humedad dentro del grano para producir granos de nixtamal hidratados homogéneamente. En estas condiciones, el nixtamal es blando y es prácticamente está libre de pericarpio. Parte de la cal es absorbida principalmente en el germen del grano. Los granos se hinchan debido al efecto combinado de la gelatinización del almidón, degradación parcial de la estructura del endospermo, degradación y solubilización parcial de la pared celular y la solubilización parcial de la matriz proteica.

LAVADO: el lavado tiene funciones de eliminar el pericarpio ya suavizado, el exceso de cal y el agua de cocimiento, y de enfriar el nixtamal dependiendo el tipo de cocimiento empleado. Se puede aplicar un mezclado o agitación mecánica para mejorar la transferencia de los materiales y aumentar la eficiencia del lavado. El lavado debe ser lo mas uniforme posible y lleva, el nixtamal a una temperatura aproximadamente de menos de 35 grados centígrados en mínimo uso de agua.

Como consecuencia del lavado el PH disminuye, se pierde materia seca, y puede mejorarse el color del producto. En ocasiones se disminuye o elimina el lavado con él propósito de conservar las gomas naturales del maíz (hemicelulosa y otras fibras solubles) y no reducir el rendimiento. Las gomas del

maíz ayudan a retener el agua e imparten flexibilidad y suavidad a la masa y a las tortillas. Es interesante confirmar que una adición con fines sensoriales ha resultado efectiva para la nutrición además transforma a la tortilla en fuente abundante de calcio. Se recomienda dosificar adecuadamente la cal ya que puede cambiar las características de la harina en el sabor y color.

3 MOLIENDA Y CERNIDO

3.1 Objetivos de la molienda de cereales

El objetivo del proceso de molienda es separar la capa de cascarilla del endospermo y seguidamente transformar el endospermo en harina.

La función del molino de martillo de rotura es separar la mayor parte de la cubierta de la cascarilla de las partículas del endospermo y darle el tamaño adecuado.

La función de los molinos de martillos de compresión es comprimir el endospermo o sémola en harina.

La molienda se divide en dos partes la de trituración y la de compresión, la trituración es donde se quiebra el grano y tiene una criba de 3.5 mm se realiza este proceso para poder separar la cascarilla a través de una tarara que funciona con aire la cual extrae la cascarilla y la punta del maíz debido a la densidad del producto, lo que no es removido pasa por una zaranda vibratoria para eliminara parte del germen y punta del maíz lo que atraviesa la tela de 3 mm es enviado a un secador para bajar la humedad del grano quebrado, luego se pasa a la Máquina cernedora donde se clasifica el grano por su tamaño y es enviado a cada uno de los molinos compresores para darle el acabado de la harina, los molinos compresores tienen telas metálicas de 2.5, 1.5, y 1mm, luego es transportado a un cernedor donde tendrá telas de sémolas y de harinas las cuales medirán de 140 a 150 micrones que darán el acabado de la

harina para tortilla, en el intervalo de estos proceso se utilizara secadores que generaran temperaturas de 30 a 40 grados centígrados que servirán para bajar la humedad del producto hasta llegar a una humedad del 10 %.

Hasta en los sistemas de rotura mejor diseñada y de funcionamiento óptimo, nunca es posible sacar completamente todo la cascarilla o afrecho sin pulverizar aunque sea una pequeña cantidad que se mezcla con el endospermo liberado. Este material deteriora la calidad de la harina y hace aumentar su contenido de cenizas. Le corresponde entonces a los purificadores, tamices, escalpeladores en el sistema de compresiones en el sistema de compresiones y la sección de residuos o de cola del molino, sacar tan completamente como sea posible, las partículas de afrecho que se han mezclado con el endospermo.

La función de las trituraciones es abrir el grano de maíz, romper la masa del endospermo y darle el tamaño deseado. La función de los compresores es reducir o calibrar las partículas gruesas de endospermo a tamaños o reducciones de semolinas purificadas en harinas.

En términos generales, se puede decir que la pureza de los diversos productos que se obtienen de las diferentes separaciones de un cernedor aumenta a medida que el producto es más fino, la razón de ello es que el endospermo se pulveriza más fácilmente que las partículas de afrecho y es por eso que se pueden separar en un molino.

En pocas palabras, se puede decir que el objetivo perseguido por el sistema de compresión es moler el endospermo en harina del grado de finura deseado y con una granulación tan uniforme como sea posible sin dañar de manera excesiva los gránulos de almidón.

La molienda de nixtamal produce una masa de maíz compuesta por varios

tipos de partículas que incluyen fragmentos del grano, pericarpio y germen, así como almidón, proteínas y fibras hidratadas, y grasa en mezcla con alrededor de 50 a 60 % de humedad.

La condición de nixtamal, el tipo de piedra, la separación entre las piedras y el agua adicionada son factores a controlar durante la molienda, un nixtamal blando con un contenido de humedad de 45 a 50% es adecuada para moler y producir masa para tortillas. Con la adición de agua durante la molienda la masa resultante puede tener hasta 60% de humedad. La adición de agua durante la molienda disminuye la fricción, evita el sobrecalentamiento y produce masa más suave.

La molienda de un maíz no nixtamalizado el proceso es más largo, porque se quebrara el grano y se separara la cascarilla, el germen y la punta del maíz por lo que es necesario utilizar mas Maquinaria para poder separar el material extraño y así purificar la sémola para ser enviada a los molinos de compresión y obtener la harina para tortilla que de las características físicas y químicas de la tortilla que se fabrica artesanalmente y tenga un sabor similar y sea de buena aceptación para el consumidor final.

3.2 Partes químicas del maíz

El maíz esta compuesto de proteínas, carbohidratos, materias grasas, sales minerales y vitaminas. Las proteínas solubles en sal y agua están las albúminas y globulina. Y las solubles en alcohol prolaminas. Estas están localizadas en el germen y solo representan el 20% del contenido total del maíz. Las que se encuentran en el endospermo la zeina, que tienen cantidades insuficientes de dos aminoácidos indispensables, lisina y triptofano y representa el 50% en el grano.

La composición química nutrimental de tortillas de harina de trigo en comparación con las tortillas de maíz en 100 gramos. La humedad en gramos es de 42.0, la energía en kilocalorías es de 236, la proteína en gramos es de 5.4, lípidos en gramos es de 1.1, carbohidratos en gramos, 50.1, fibra dietética en gramos 7.4, minerales en gramos 0.8, calcio en miligramos 68, hierro en miligramos 7.4, fósforo en miligramos 182, Zinc en miligramos 0.1.

Los aminoácidos en gramos: Lisina 0.16, Metionina 0.12, Triptofano 0.02. Vitaminas en miligramos: Tiamina (B1) 0.36, Riboflavina 0.11, Niacina 1.33, Piridoxina (B6) 0.2. Estos parámetros se logran si es fortificada la harina con hierro, tiamina, Riboflavina y Niacina.

3.2.1 Composición del maíz productos y subproductos

El maíz está compuesto por endospermo, germen, cascarilla o afrecho, punta del maíz. El endospermo representa la mayor cantidad y es de donde se obtiene la harina para tortilla de mesa.

Los productos que se obtienen al momento de ser procesado el maíz son: la harina, germen.

Los subproductos son la cascarilla si es un proceso no nixtamalizado de lo contrario esto se convertirá en un líquido llamado nejayote que se obtiene en el lavado cuando es adicionado cal al acondicionamiento. Otro de los subproductos es la punta del maíz.

El germen debe de ser removido en un porcentaje del 20 % del total para que no rancie la harina.

3.3 Cambios estructurales físicos y químicos a través del método nixtamalizado y no nixtamalizado

Son los cambios que sufre el maíz al ser acondicionado con cal y sin cal los cuales afectaran su estructura y las proteínas que contiene el grano.

3.3.1 Cambios estructurales método nixtamalizado

El cocimiento y remojo alcalino causan la disolución parcial de la cutícula y el levantamiento y debilitación de las paredes celulares lo cual facilita que el pericarpio sea removido. El pericarpio usualmente rompe en el área de cruce de las células tabulares. Las células de aleurona permanecen intactas y juntas al endospermo periférico. La membrana y las células de las paredes son particularmente degradadas y solubilizadas, y esto es indicado por la pérdida de fluorescencia en las células de las paredes del endospermo periférico. Gran parte del tejido del germen es retenida durante la nixtamalización, la cual afecta positivamente a la calidad de la proteína de los productos de masa. Los gránulos de almidón son levantados a través del endospermo. Aunque las proteínas del endospermo permanecen pegados a los gránulos de almidón la cocción con cal cambia la apariencia física de los cuerpos proteínicos, por lo menos en algunas áreas del grano. Los cambios ocurren en las paredes de las células almidonadas del endospermo y la matriz proteínica se debilita especialmente durante el remojo. Cuando el nixtamal es extendido, los componentes del grano son pre-acondicionados por la cocción y el remojo y se rompen, esta coerción es la causa de la formación de la masa. La masa la forman pedazos del germen, el remanente de pericarpio y las partículas de endospermo que se mantienen juntas con una mezcla unida con pegamento con gránulos de almidón “derretidos” y “hojas” de matriz proteínicas, y lípidos

emulsificados. Los gránulos de almidón roto y formado irregularmente se observan en las tortillas suaves después del horneado y en la masa seca después del secado. El álcali libera a la Niacina del maíz y mejora el valor nutricional del maíz.

3.3.2 Cambios físicos y químicos

PROTEINAS: El cocimiento con cal altera los patrones de solubilidad de las proteínas del maíz. Determinándose que la cocción con cal y el horneado de la tortilla reducen las proteínas solubles en sal y agua (albúminas y globulinas) y las solubles en alcohol (prolaminas) e incrementan la cantidad de proteínas inextraíbles. Al freír a las tortillas para elaborar tostaditas se reduce aun más la solubilidad de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas. Las bandas electroforéticas de las fracciones extraídas de las tostaditas de tortilla son considerablemente más intensas que aquellas que el grano crudo. El tratamiento térmico secuencial aplicado durante el proceso causa interacciones hidrofóbica, desnaturalización de la proteína y de las proteínas ligadas.

ALMIDON: Solamente una pequeña parte de los gránulos de almidón son gelatinizados durante la cocción y el remojo. La susceptibilidad de las enzimas del almidón aumentan discretamente durante la cocción del maíz con cal, pero el mayor incremento ocurre durante la molienda y el horneado. La mayoría de los gránulos de almidón en la masa del nixtamal bajo luz polarizada exhiben birrefringencia (o doble refracción), sin embargo la cruz de Malta es menos clara y más amplia que los gránulos de almidón naturales. La estructura de los gránulos de almidón naturales es parcialmente rotos durante la cocción donde por rayos x, se observa un patrón menos organizado. Sin embargo las alteraciones en la cristalinidad del almidón causado por la cocción se restaura por la recristalización o templado durante el remojo. La re-asociación de las moléculas de almidón pueden afectar significativamente las propiedades

reológicas subsecuente de los productos elaborados a partir de masa. Cuando el nixtamal es extendido para formar la masa, los gránulos de almidón se gelatinizan debido a la fricción de las piedras del molino. En algunas instancias, la molienda puede incrementar la temperatura de la masa de 26 a 52 grados centígrados. Del 4 al 7% aproximadamente de los gránulos de almidón pierden completamente su birrefringencia durante la cocción con cal, el remojo y la molienda. Muchos de los gránulos de almidón tiene una forma irregular, y la mayoría de las veces sólo alguna parte menos del 60 al 70% de los gránulos exhiben birrefringencia. Estos pequeños, pero significativos cambios en la fracción almidonada del maíz modifica las propiedades pastosas del almidón, y esto imparte las características de textura a la masa. Del 4 al 7% del almidón gelatinizado forma una “goma” que provee una continua malla entre los gránulos de almidón libres y las piezas del endospermo que contiene la masa. La mayor parte de birrefringencia y cristalinidad del almidón se pierden cuando los discos de masa son horneados para hacer tortilla. La combinación de calor de 280 a 300 grados centígrados y una mayor humedad de 51 a 55% facilitan la gelatinización del almidón.

En los pasos subsiguientes. Sin embargo la gelatinización aún está incompleta debido al corto tiempo de horneado, debido al corto tiempo de horneado que es de 20 a 30 segundos. La típica textura de la tortilla flexible y semi plástica es el resultado de estos cambios. El sabor de la tortilla es mejorado por reacciones de encafecimiento de Maillard que ocurre durante la reducción de azúcares, péptidos y ácidos grasos instaurados. Cuando las tortillas se fríen para producir tostaditas, la humedad se evapora y es reemplazada por el aceite de la fritura. Los gránulos de almidón pierden la birrefringencia y cristalinidad que les quedaban. Los geles de almidón con gránulos con menos del 5% de birrefringencia y un patrón de rayos x amorfo constituyen la fracción del almidón en las tostaditas de tortilla.

LIPIDOS: aproximadamente del 1 al 2% del peso seco de la masa tiene distribuidos libremente a los lípidos a través de esta fase continua. La fracción lípida está principalmente compuesta por lípidos parcialmente emulsificados en la fase acuosa de la masa y lípidos libres que interactúan, tanto como los péptidos como con los carbohidratos alterando las propiedades de la masa. Se necesita aún más investigación para evaluar la relación entre los lípidos y la Máquinabilidad de la masa, textura y sabor vida de anaquel de las tortillas.

Las pérdidas de materia seca durante la cocción y el remojo: las pérdidas de materia seca del maíz durante de la cocción con cal y remojo varía del 7 al 15% o más dependiendo del tipo de firmeza del maíz y las condiciones y métodos del proceso.

El nejayote obtenido de un proceso de cocción y remojo típico está compuesto del 2.8% de sólidos de los cuales el 60% son solubles y el 29% es ceniza mayormente cal. En el maíz procesado comercialmente, el total de materia seca está distribuido en la relación cocción y remojo (2.8 al 10.7%) y el lavado (1.6 al 2.0%). La entereza del grano afecta la pérdida de materia seca, los granos de maíz rotos cuarteados producen más pérdidas de materia seca que los granos con cuarteaduras por opresión.

Los diferentes componentes químicos del grano se van perdiendo en diferentes cantidades durante la nixtamalización. El pericarpio que es rico en fibra, es el que más contribuye a la materia seca. La opresión física o el calor durante el proceso afectan las pérdidas de otros componentes químicos, las pérdidas totales de almidón, proteínas y lípidos del maíz procesado comercialmente son 5%, 2%, y 20% respectivamente de estos componentes

presentes en el grano. Esto varía del tipo y variedad de maíz que se utilice para el proceso.

CAMBIOS ESTRUCTURALES Y QUIMICOS EN EL PROCESO NO NIXTAMALIZADO: Los cambios estructurales son diferentes ya que el pericarpio no es removido debido a la falta de cal se debe de realizar mediante un proceso de molienda más largo y utilizando Maquinaria adecuada para remover la cascarilla de la misma forma el germen será removido para que no afecte al producto final por la ranciedad que daría en la harina. En los químicos es similar el proceso afecta las proteínas, almidón, y lípidos que serán mejorados con una buena fortificación de la harina para tortilla de mesa.

3.4 División de la molienda

La molienda se divide en tres pasos trituración, compresión y pulverización. En el proceso nixtamalizado la cal elimina la cascarilla o afrecho en el lavado llegando el maíz al molino sin cáscara por la hidrólisis que se forma en el proceso.

La función de la rotura es abrir el grano de maíz romper la masa del endospermo y darle el tamaño deseado.

Hasta los sistemas de rotura mejor diseñados y de funcionamiento óptimo nunca es posible sacar completamente la cascarilla sin pulverizar aunque sea una pequeña cantidad que se mezcla con el endospermo liberado. Este material deteriora la calidad de la harina y hace aumentar su contenido de ceniza. Para evitar estos problemas le corresponde a la sección de purificadores, tamices, y

escalpeladores en el sistema de compresiones sacar tan completamente como sea posible las partículas de afrecho o cascarilla que se han mezclado con el endospermo.

COMPRESIÓN: Después de que el producto es clasificado se puede decir que el objetivo perseguido por el sistema de compresión es moler el endospermo en harina del grado de finura deseado y con una granulación tan uniforme como sea posible sin dañar de manera excesiva los gránulos de almidón. En esta etapa el grano o semollinilla es más pequeño y todo este proceso se hará con molinos de martillos el cual tendrá una tela mas cerrada de 2.mm. También dependerá demasiado de la forma en que se halla limpiado la sémola antes de ser comprimida y dependerá de la velocidad o revoluciones del motor por lo regular oscila a 2000 a 3000 revoluciones por minuto. También depende demasiado de la humedad a que entra al alimentador del molino para que no exista demasiada fricción y no se dañen los gránulos de almidón.

PULVERIZACIÓN: Se le denomina así a este paso de molienda debido a que el molino tendrá una tela mas cerrada de 1mm y debido a las revoluciones con las que trabaje el molino nos dará una harina fina la cual será enviada al pasaje de producto final harina para tortilla de mesa. Y todo lo que es difícil de triturar se hará en esta fase será como un remolido de los productos y es un porcentaje mínimo ya que de los dos pasos anteriores se obtendrá la mayor cantidad de harina, la cual será clasificada en la sección de cernedores. El cual tienen diferentes tamices o telas para separar los productos.

3.5 Tipo de Maquinaria a utilizar para la molienda de maíz

La Maquinaria que se utiliza para la molienda es la siguiente:

SECCION DE MOLIENDA:

- Molino de martillo (M1) con tela de 3.5 mm de apertura
- Molino de martillo (M2) con tela de 2 mm de apertura
- Molino de martillo (M3) con tela de 1 mm de apertura (Ver Anexo 14)

Los cambios estructurales que se dan en la molienda dependerán mucho de cómo el maíz fue acondicionado las revoluciones con las que operara el molino y lo más importante es la humedad a la que ingresa al M1 ya que depende de cómo se realice la primera trituración dependerá demasiado la limpieza y calidad de la sémola, y sea más fácil de remover el pericarpio del endospermo cuando el método es el de no nixtamalizado. Con el método nixtamalizado ya el grano llega sin la cascarilla al M1 los cambios estructurales que puedan darse a un mal flujo en el molino debido a las fricciones que ocurren dañar la estructura del almidón lo que nos aumentaría la ceniza por consiguiente representaría problemas de calidad en el producto final en el mezclado y horneado de la tortilla.

MOLINOS DE CILINDROS:

Estos son utilizados en molienda de maíz en seco esto se refiere a que el producto no es sometido a un acondicionamiento en caliente o cocción del maíz Como el objetivo que se persigue con el sistema de rotura es desprender el resto del germen adherido, aplastar el germen al máximo manteniéndolo al mismo tiempo lo mas entero posible para escaparlo y triturar la farros mas grandes para producir un farro que tenga una cantidad mínima de harina fina y gruesa. (Ver anexo 15)

Los molinos de cilindros de rotura representan 1/3 de la superficie de cilindros , la comprensión del farro y del germen alrededor de ¼ cada una y el resto incluye la comprensión de las colas y de la harina. Las revoluciones del molino oscilan entre 550 hasta 750 y con estrías por pulgada de 6 en la rotura, 16 en los sizings y los cilindros de germen van desde 8 hasta 20 estrías por pulgada y los cilindros de comprensión de harina gruesa de 30 a 32 estrías por pulgada.

3.6 Ventajas y diferencias de la molienda del proceso nixtamalizado y no nixtamalizado en la obtención de harina para tortilla de mesa

Ventajas:

- La ventaja del método nixtamalizado es que a través de la adición de cal al agua en el acondicionamiento, y por medio del lavado la cascarilla es removida en un 80% del maíz sin necesidad de utilizar Maquinaria sofisticada.
- Hay un incremento en el contenido de minerales debido a la introducción de iones de calcio.
- El contenido de grasa se reduce básicamente a la hidrólisis alcalina de los ácidos grasos.
- La cantidad de fibra cruda disminuye ya que durante la nixtamalización se separa el pericarpio del grano.
- El contenido de proteínas disminuye. Esto debido a la solubilidad e hidrólisis algunas fracciones proteínicas principalmente gluteninas que se pierden en el nejayote.
- Similares ventajas como sabor olor y color se obtienen con el método no nixtamalizado ya que el maíz tiene cocimiento con la adición de agua pero sin cal llevándose más tiempo de cocción y el nivel proteínico disminuye y el nivel de calcio es más bajo pero presenta un valor nutrimental mejor que el maíz crudo.

Diferencia:

- La diferencia entre un método nixtamalizado y no nixtamalizado radica esencialmente en, la adición de cal más agua, remueve el pericarpio del grano mientras que la adición de agua no remueve el pericarpio por lo que es necesario utilizar más Maquinaria sofisticada en la molienda para poder remover la cascarilla del grano para obtener las harinas de tortilla de mesa que de la misma plasticidad y textura y sabor que el método nixtamalizado y se asemeje al artesanal para la aceptación de consumidor final del producto.
- En el ámbito de laboratorio se hicieron pruebas del maíz no nixtamalizado logrando separar la cascarilla del grano logrando una harina de buen color y apta para el horneado de la tortilla. Llegándose a determinar que la función de la cal es eliminar la cascarilla pero para las plantas de PRODUCCIÓN hay que tener grandes tanques para drenar el nejayote que se obtienen a la hora de lavar el maíz y es un residuo que contamina el ambiente pensando en este problema se plantea el método no nixtamalizado para no tener dicha contaminación y poder montar las planta no tan lejos de la ciudad y poder enviar los residuos a drenajes públicos que no contaminarían el ambiente se detallara mas adelante el diagrama de flujo propuesto para este método y beneficiaria a las empresas que se dedican a la fabricación de harinas para tortilla. En los procesos nixtamalizados existen plantas de tratamiento de los sólidos para no contaminar el medio ambiente y enviar las aguas residuales permitidas según reglamento vigente en el país.

3.7 Parámetros de molienda

Los parámetros de molienda son los que se establecen en el proceso de PRODUCCIÓN para la obtención de harinas y son los que rigen y miden el flujo

continuo y especialmente la calidad del producto, y son los estándares que se logran a través de la practica continua del proceso y que son establecidos en cada molino ya que no puede ser una regla general ya que cada molino se tiene diferente diseño y diagrama de molienda.

Los parámetros se dividen al igual que el proceso: recepción del maíz acondicionamiento del maíz, molienda, y acabado o empaque de la harina.

PARÁMETROS EN LA RECEPCIÓN DE MAÍZ:

- Peso específico del maíz.
- Humedad del maíz
- % de impurezas
- % de grano quebrado
- % de Micotoxinas
- Variedad o tipo de grano.
- Color del grano.

PARÁMETROS EN EL ACONDICIONAMIENTO O COCCIÓN DEL MAÍZ:

- Flujo del maíz en libras por minuto.
- Cantidad de agua a dosificar en litros por minuto
- Cantidad de cal a dosificar en gramos por minuto
- Tiempo de cocción.
- Temperatura de cocción
- Psi de la caldera
- Humedad del maíz después de la cocción.

PARÁMETROS DEL LAVADO DEL MAÍZ

- Flujo del maíz
- Cantidad de agua del lavado
- Velocidad de la lavadora centrifuga.

- % de flujo de nejayote extraído
- tiempo de reposo antes de entrar a molienda
- humedad del grano después del lavado

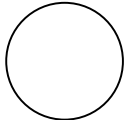





PARÁMETROS DE MOLIENDA:

- Flujo del maíz al molino en quintales hora
- Humedad del maíz antes de ser triturado
- % de trituración
- revoluciones del molino
- temperatura del secador
- % de cascarilla extraída
- % de harina extraída
- % de germen extraído.

3.8 Diagrama de flujo

Es un diagrama que contiene más detalle de un proceso productivo y se adapta al caso de considerar en conjunto ensambles complicados. Para lograr la mayor economía en la fabricación o sucesión de trabajos en particular. Muestra las operaciones productivas (operaciones, inspecciones, y operaciones combinadas) y las no productivas (transporte, demoras y almacenaje) este diagrama no se utiliza como un fin en si, si no como un medio para lograr una meta.

Tabla III Simbología de la diagramación

SIMBOLO	ACTIVIDAD	UTILIZACION
	Operación	Indica las principales fases del proceso Método o procedimiento. Actividad en la que se altera física o las características de un objeto químicamente que se une o separa de otros
	Inspección	Indica que se ejecuta un análisis para verificar la calidad o cantidad.
	Transporte	Indica el movimiento de un objeto de un lugar a otro
	Demora	Existe cuando las condiciones no requieren la ejecución inmediata de la próxima operación es decir el proceso exige un abandono temporal del material semielaborado
	Almacenaje	Lugar adecuado para ello sin estar sujeto a ninguna operación, transporte o inspección.
	Operación Combinada	Es la que se realiza cuando se alteran las características físicas y químicas inspeccionándose la calidad

Fuente: Ingeniería de Métodos

3.9. Rendimiento en la molienda

No es más que un indicador que nos dice la cantidad de harina y subproductos que se obtienen de un quintal o tonelada de maíz. El rendimiento de un molino de harina es complejo por su naturaleza. Lo que es consideración de importancia para una operación puede ser de menor importancia para otra. Asimismo, como veremos, muchas metas de rendimiento funcionan en forma opuesta a otras. La siguiente lista de indicadores de rendimiento del molino, son los métodos usados más comúnmente para determinar cuán bien está rindiendo un molino, enumerados sin ningún orden en particular de preferencia.

INDICADORES DEL RENDIMIENTO DEL MOLINO

- 1 Taza de PRODUCCIÓN: tasa de alimentación a primera rotura.
2. PRODUCCIÓN total: toneladas de producto producido en determinado periodo programado de operación
- 3 PRODUCCIÓN de harina: cantidad de harina producida de determinada cantidad de maíz limpio o sin limpia, antes o después del acondicionamiento.
- 4 Porcentaje de Distribución de productos: aplicable donde se producen dos o más harinas simultáneamente.
- 5 Calidad de la Harina: basada directamente sobre la calidad de la tortilla de harina, indirectamente por factores como ceniza o color.
- 6 Uniformidad del producto: Eliminación de subidas y bajadas de calidad durante una operación.
- 7 Eficiencia de la fuerza laboral: mejor utilización de la ayuda disponible.
- 8 Eficiencia de la Energía: Energía total, energía tope, factor de energía, etc.
- 9 Otros costos de conversión.
- 10 Costos Fijos: la suma de todos estos es la suma de costos de conversión, el costo de producir determinada cantidad de harina teniendo restricciones de calidad específica.

El encargado de la planta de harina de maíz debe de conocer las herramientas necesarias a su disposición para obtener resultados mejores o más satisfactorios del rendimiento del molino.

HERRAMIENTAS DEL RENDIMIENTO DEL MOLINO

1. Personal
2. Preparación del maíz

3. Acondicionamiento del maíz. (cocción)
4. Carga uniforme
5. Utilización del diagrama de flujo
6. Maquinaria. Selección, distribución y mantenimiento.
7. Controles Automáticos
8. Estabilización del aire
9. Hacer mezclas de harina
10. Programación de la planificación de la PRODUCCIÓN.

Cada uno de estos indicadores y herramientas bien utilizadas por el molinero le darán buenos resultados en el molino aunque el arte de la molinera aún es muy importante y se aprende únicamente a través de muchos años de experiencia, la ciencia de la molinera debe comprenderse y practicarse si se quiere afinar un molino a sus más altas capacidades.

INDICADORES:

1. TAZA DE PRODUCCIÓN: cada molino tiene una capacidad óptima basada en la carga del maíz al molino mismo.

Puede decirse universalmente que el aumento de la carga al molino, más allá del nivel óptimo, dará por resultado producciones más bajas de harina y deterioro de la calidad de la harina con relación a ceniza, color y resultados en la tortilla.

2. PRODUCCIÓN TOTAL: El aumento de la PRODUCCIÓN total a través de un largo periodo de tiempo frecuentemente podría ser la manera más fácil y menos cara de mejorar el rendimiento del molino.

Disminuir la cantidad de atoramiento, disminuir la PRODUCCIÓN de harinas de baja calidad, disminuir el tiempo en que el molino este parado por

reparaciones de emergencia, disminuir la pérdida de humedad en los productos y programar el molino para cambios más fáciles desde el punto de vista de la molinería puede a menudo dar como resultado un aumento de PRODUCCIÓN a largo plazo, con poco o sin ninguna inversión de capital.

3. PRODUCCIÓN DE HARINA: La cantidad de harina producida de determinada cantidad de maíz es de suma importancia para la salud económica de un molino.

Es una prueba de las habilidades y técnicas del molinero obtener los rendimientos más altos manteniendo una calidad aceptable. Sin embargo puede decirse sin lugar a contradicción, que más allá de ciertos límites, el aumento de la PRODUCCIÓN dará como resultado el deterioro de la calidad de la harina.

Las formas de medir el rendimiento son las siguientes:

a) Gran rendimiento: se calcula dividiendo la cantidad de harina despachada entre la cantidad de maíz comprado multiplicado por 100. Es el rendimiento general toma en consideración todos los factores que afectan la cantidad de harina que se produce de un determinado lote de maíz los factores que se toman en cuenta son la variedad de maíz, aumento de humedad en el acondicionamiento, pérdida de humedad en la molienda, almacenamiento, transporte, porcentaje de impurezas y empaque; exactitud en los pesos de los empaques; empaque dañado; pérdida de polvo y eficiencia de la molinera.

b) Rendimiento de la Molinería: estos rendimientos se calculan con base diaria como mínimo y son las mejores guías para la eficiencia real de la molinería. Hoy en día los molinos tienen equipo más moderno y controlados por

básculas conectados a una computadora nos dicen en cualquier instante como esta el rendimiento real de la molienda.

Los rendimientos de la molinería son:

b.1 harina versus maíz seco sin limpiar

b.2 harina versus maíz seco limpio.

b.3 harina versus maíz limpio acondicionado.

b.4 harina versus productos totales.

Cada uno de estos rendimientos será indicadores que deben de manejarse en un molino para obtener buenos resultados deben de estar de 80 al 85%.

4.0 PORCENTAJE DE DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS

Muchos molinos elaboran dos o más grados de harina de un tipo de mezcla de maíz tales como harina para tortilla, harina para tostadas. Con esto el molinero debe de ser capaz de producir una gama de productos que den el mayor crédito económico total.

5.0 CALIDAD DE LA HARINA

La calidad de la harina se puede definir así:

“Las especificaciones dadas por la tortillería o consumidor para satisfacer sus requerimientos de su producto final específico.” Por lo tanto la calidad de la harina puede involucrar muchas cosas y varía de una región a otro. Y realmente el que decide la calidad de la harina es el cliente.

Por medio de selecciones adecuadas de maíz diseño del diagrama de flujo, selecciones de corrientes de harina durante la molienda y mezcla de harinas terminadas el molinero puede proporcionar una amplia gama de harinas que satisfacen requisitos específicos de las tortillerías. En el laboratorio se esta utilizando el equipo Nir para la determinación de humedad, proteína y ceniza obteniéndolos mas rápidos y confiables para hacer correcciones en el proceso.

6. UNIFORMIDAD DE LA HARINA: La uniformidad de la harina siempre ha sido conveniente pero con la automatización de las tortillerías se ha vuelto una necesidad con estos parámetros se busca mandar al mercado siempre la misma uniformidad para que en el horneado de las tortillas mantenga las mismas características de plasticidad sabor y color. (Ver anexo 16)
7. EFICIENCIA DE LA FUERZA LABORAL: Esta es una variable de costo que debe tomarse en cuenta como parte del complejo del rendimiento del molino. Los molinos han sido eficientes en cuanto a mano de obra y están construyendo molinos nuevos que necesitan sólo de un técnico de molinería u operario por molino.
8. EFICIENCIA DE ENERGIA: Es uno de los factores de costos de conversión se busca con ello el mejoramiento del factor de energía, rehusó del aire, modernización de cojinetes de transmisiones, control de demanda tope y simplificación del diagrama esta entre muchos de los elementos que se encuentran a la disposición del molinero para bajar los costos de la energía.
9. OTROS COSTOS DE CONVERSION: El costo total de conversión contiene muchos otros elementos que son variables y que pueden ser controlados por el molinero. Estos incluyen los de mantenimiento y de provisiones.
10. En el cuadro global de costos la gerencia del molino debe prestar seria consideración a los costos fijos. Estos incluyen el costo de capitales, préstamo, depreciación, impuestos, inversión de capital y prestaciones laborales.

3.10 Teoría de cernido

La función de la teoría de cernido es separar los productos por medio de tamices de diferentes aperturas mas comúnmente medidos en micrones, dependiendo del tamaño de granulometría que se requiera en la harina así se diseñara el diagrama de molienda para que cumpla con los objetivos y especificaciones que requiera el producto final. Para esto hay dos sistemas o dos tipos básicos de cernedores que se producen actualmente: el cuadrado el de cajón o tipo de bandeja. El cernedor cuadrado es probablemente el más versátil y el más flexible porque se puede cambiar el flujo o la profundidad de los tamices muy fácilmente; mientras que el tipo de cajón no es tan flexible. Hoy el cernedor cuadrado es el más popular porque el molinero quiere flexibilidad.

Los cernedores son confeccionados ya sea de madera, metal o una combinación de ambos. Es muy difícil decir cual es el mejor pero la madera no se fatiga y rompe como puede ocurrir con el metal pero si está bien construido y mantenido cualquiera de los dos son muy buenos.

La mayoría de tamices son construidos en estos días de madera ya sean que sean cuadrados o del tipo de bandeja y pueden ser laminados con plásticos. Esto ayuda a la sanidad del producto.

Los tamices cuadrados también son de construcción de madera y cada uno generalmente es una unidad completa con el marco, limpiado, pasador de tamiz, alambre posterior y las bandejas de recolección. Estos tamices pueden cambiar con profundidad; cualquiera que se requiera y hay 150 tipos de estos tamices.

Los cernedores están hechos de varios números de cajas.

El tipo bandeja tendrá de 4 a 8 cajas y aproximadamente tres opciones de altura.

La velocidad de los cernedores y la filtración son importantes de considerar dependiendo del material que se requiera cernir. Materiales gruesos, como los que vienen de los rompimientos deben de ser llevados más lentos con un mayor flujo y en cambio el material fino de las reducciones debe llevarse y andar más rápido con una salida más pequeña.

Para determinar que también un cernedor esta balanceado se tiene que verificar cada flujo con un tamiz probador para ver si la separación total está bien hecha y que no este cerniendo solo una parte. (Ver anexo 17)

Una importante consideración es el tipo de tamiz que se utilice ya que existe una gama grande tales como: seda, nylon, el poliéster, los alambres, normales y alambres de acero Inoxidable para nombrar alguno.

Se debe de tener cuidado en el cambio de telas es necesario hacerlo con el diagrama para no colocar telas de tamaños diferentes para no afectar la granulometria del producto de igual forma el tipo de limpiadores que se usen. Lo importante es que limpien el producto sin que desgaste el tamiz.

3.11 Separación clasificación y tamizado de los productos

Esto se logra a través de un buen diagrama de molienda en un cernedor donde se clasifican, el producto y se separan tales como cascarilla, sémolas, y

harina para esto se utilizan telas de diferentes tamaños siendo las de harina para tortilla con una abertura de 140 micrones las sémolas de una apertura de 180 micrones y la cascarilla de 850 micrones. En el cernedor tendrá varias salidas de producto y cada pasaje será enviado a otro molino o al recolector de producto terminada harina o al rechazo de la cascarilla.

Las partículas grandes de 850 micrones de diámetro son retenidas en un tamiz numero 20, son pedazos de pericarpio, endospermo periférico, el extremo del casquillo y germen las partículas medianas y pequeñas son retenidas en un tamiz del numero 40 y 100 y son endospermo córneo y piezas del germen. El tamiz recomendado para elaborar tortillas es él numero 40 ya que con esta granulometría se podrán elaborar tortillas de mesa que se inflen durante la cocción.

3.12 Efecto de cambio de telas y máquinas de cernir

Es importante que se use el diagrama para poder efectuar los cambios que se requieran en el cernedor ya sea de la sección de telas para separar cascarilla ya que un error podría abrirse demasiado y pasaría a contaminar la harina. También en la sección de sémolas para poder enviarlas correctamente al purificador y así mismo las harineras. Un cambio erróneo puede afectar la calidad de la harina ya que cambia la granulometría del producto final y será afectado en el horneado de la tortilla y el producto llegaría muy contaminado afectando la ceniza de la harina y así no se lograría la plasticidad en la tortilla.

3.13. Capacidad de proporción de carga y elección de máquina cernedora

La Máquina a seleccionar será de un cernedor giratorio de auto balanceo diseñado para cumplir las funciones de escalpelado, clasificación y cernido.

Se construye con cuatro o seis secciones y adentro de cada sección con un número de Cribas que varia de 10 a 27.

Es importante conocer el flujo que ingresara al cernedor para determinar el área de cernido para no tener empachos y salgan productos diferentes de los establecidos en cada pasaje. Otro factor importante a tomar en cuenta es el rendimiento como la calidad debido a lograr seleccionar los números de las telas de las Cribas de escape lado en las secciones de compresión.

Es posible que la buena elección de las sedas de cernido de harina sea los problemas más importante en el entelado de un molino de harina. Esto nos determina los factores siguientes:

1. La naturaleza del producto a cernir y que dependen de los desperdicios y el contenido de cenizas del producto, la capacidad del producto de ser cernido.
2. la calidad y el porcentaje de harina en el producto.
3. la granulación de harina que se quiere obtener.

A medida que el producto se va pulverizando es necesario utilizar telas más finas para evitar que la harina tenga alto contenido de cenizas.

3.14 Objetivo primordial de la purificación

El objetivo primordial de la purificación es limpiar la cascarilla y enviar lo más limpia la sémola a los molinos de compresión para obtener harinas de alta calidad y bajas en cenizas. La purificación es simplemente la separación de las partículas de afrecho del material de endospermo y el principio en el cual se basa el procedimiento es la gran diferencia existente entre las dos substancias. En este caso, se utiliza el peso y el área superficial y se emplean corrientes de aire junto con una criba de movimiento de vaivén.

3.15 Principios de purificación y de su funcionamiento:

El principio básico del funcionamiento del purificador se basa en la estratificación del producto, esta estratificación es facilitada por la fluidificación que se produce como consecuencia de la corriente de aire ascendente que atraviesa el lecho de producto permitiendo el desplazamiento de las partículas de acuerdo a su peso específico, de esta manera las partículas de endospermo limpio se desplazan hacia la parte inferior del lecho fluidizado quedando en contacto con la tela del purificador y de acuerdo a su granulación la atraviesan y se incorporan a las corrientes de sémolas “buenas”, mientras que las escamas de cascarilla y sémolas malas quedan flotando en la parte superior del fluido desplazándose por efecto de la inclinación del purificador hacia las colas de éste en donde se incorporan a las corrientes de las roturas secundarias según el caso o el pasaje y según el diagrama a donde deben llegar.

Para que un purificador trabaje correctamente es necesario que este correctamente entelado dependiendo el tipo de producto (granulación) se usa, las siguientes constantes.

(700 a 1100 micrones) sémolas gruesas	+50 A	+ 100 micrones
(500 a 700 micrones) sémolas medianas	+100 A	+ 120 micrones
(300 a 500 micrones) sémolas finas	+120 A	+ 150 micrones

La enteladura se escoge en forma inversa a los cernedores decir, en el caso del purificador de mas cerrada a mas abierta, a fin de garantizar una capa de producto cuyo espesor disminuya gradualmente de forma tal que permita mantener siempre la cubierta la totalidad del entelado y evitar zonas de baja resistencia al paso del aire, partes de la tela sin producto por donde escapara

todo el aire perdiendo la fluidificación en el lecho del producto.

Las telas de los purificadores deben de estar correctamente tensadas (15 New/mt cuadrado) para evitar la formación de colchones en donde se acumulara el producto, perdiendo capacidad y eficiencia en la purificación ya que el producto no se desplazara suficientemente rápido. La superficie de cernido disponible determinará él numero de clasificaciones que se pueden hacer mientras mayores sean éstas más precisas serán y una mejor purificación se obtendrá. (Ver anexo 18)

3.16 Sistemas de purificación (entradas y salidas)

Los sistemas de clasificación o purificación más comunes son los siguientes

- i) Tres granulaciones
- 2) cuatro granulaciones
- 3) cinco granulaciones

El más conveniente es el de cinco granulaciones todo dependerá de las posibilidades del molino. El sistema de entradas no es mas que el flujo que ingresa al purificador el cual debe de mantenerse constante para que sea removida la cascarilla de la sémola del maíz esto siempre y cuando se utilice un método de no nixtamalizado entonces sé hará uso de esto tipo de Máquina para remover y dar una sémola limpia que va a los compresores, y de harinas de baja ceniza y alta calidad en el horneado de la tortilla. Como el purificador el diagrama va de mas cerrado a mas abierto esto dará la salida de las diferentes sémolas que se clasificaran de acuerdo al diagrama y se enviara a cada uno de los molinos pulverizadores.

4 ANÁLISIS Y ACABADOS DE LOS PRODUCTOS DE MOLIENDA

4.1 Acabado de harina

El término “acabado de harina” también conocido como “re-cernido de harina” o “repassado de harina” tiene un sentido amplio pero se refiere generalmente a la última etapa de la elaboración de harina de maíz. Se trata del toque final que se le da la harina después de comprimirla y clasificarla según el tamaño de partículas deseadas antes de empacarla.

El re-cernido o repassado se ha practicado desde que se empezó a elaborar harina “blanca” cuyo objetivo es mejorar la calidad del producto debido a un mal cernido o harina pinta que se logra quitar en el recernido o acabado de harina.

La razón lógica por lo cual se hace el re-cernido es para sacar cualquier grumo de torta de harina o cualquier material extraño que se podía haber caído accidentalmente en la harina en su trayecto hacia la empacadora.

Otra razón suplementaria a favor del repassado, y sin lugar a duda la razón esencial en la actualidad, es que busca remover todas las formas de plaga por insectos, cualquiera que sea.

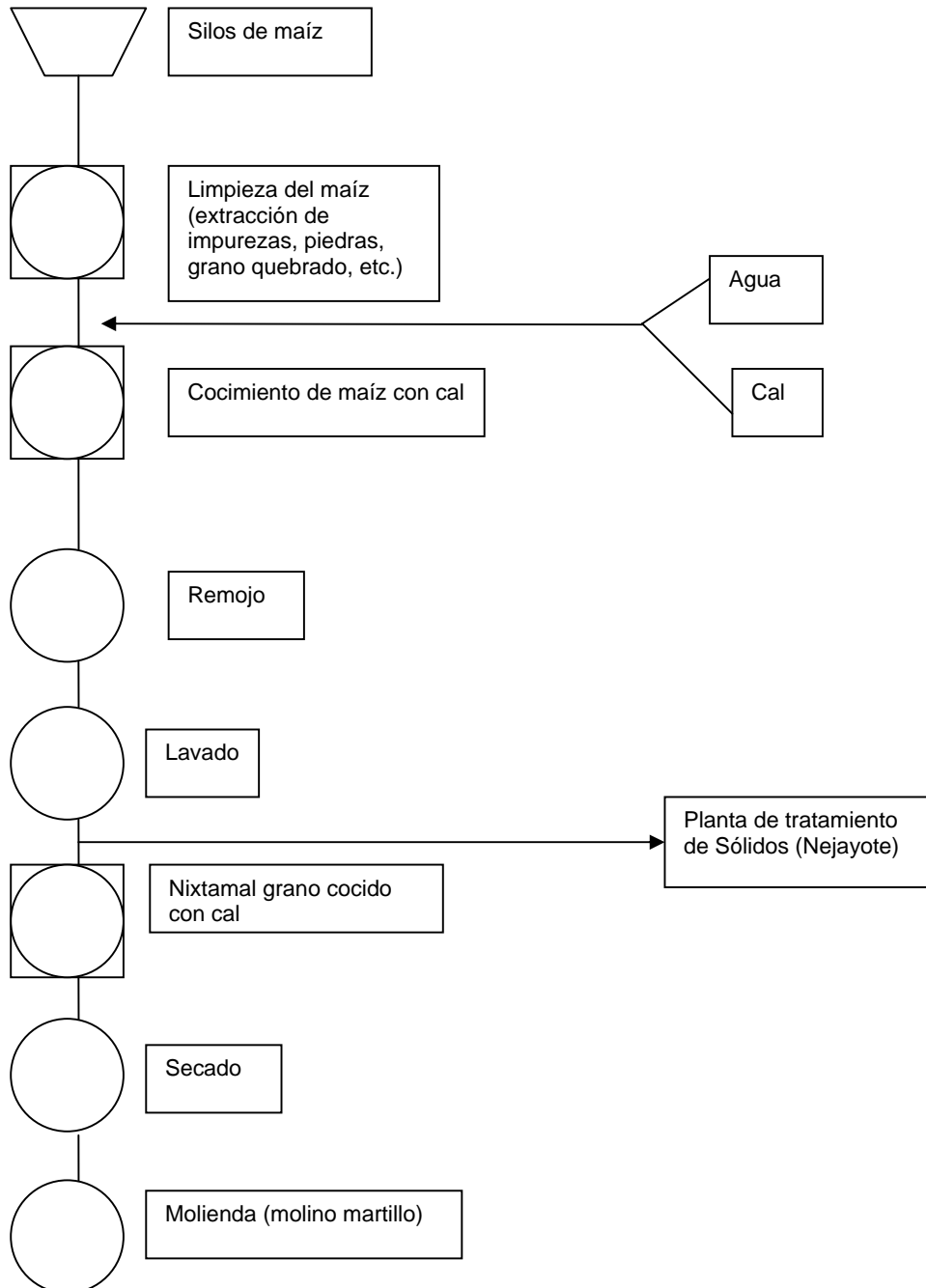
4.2 Sistemas modernos de repasado o acabado de harina

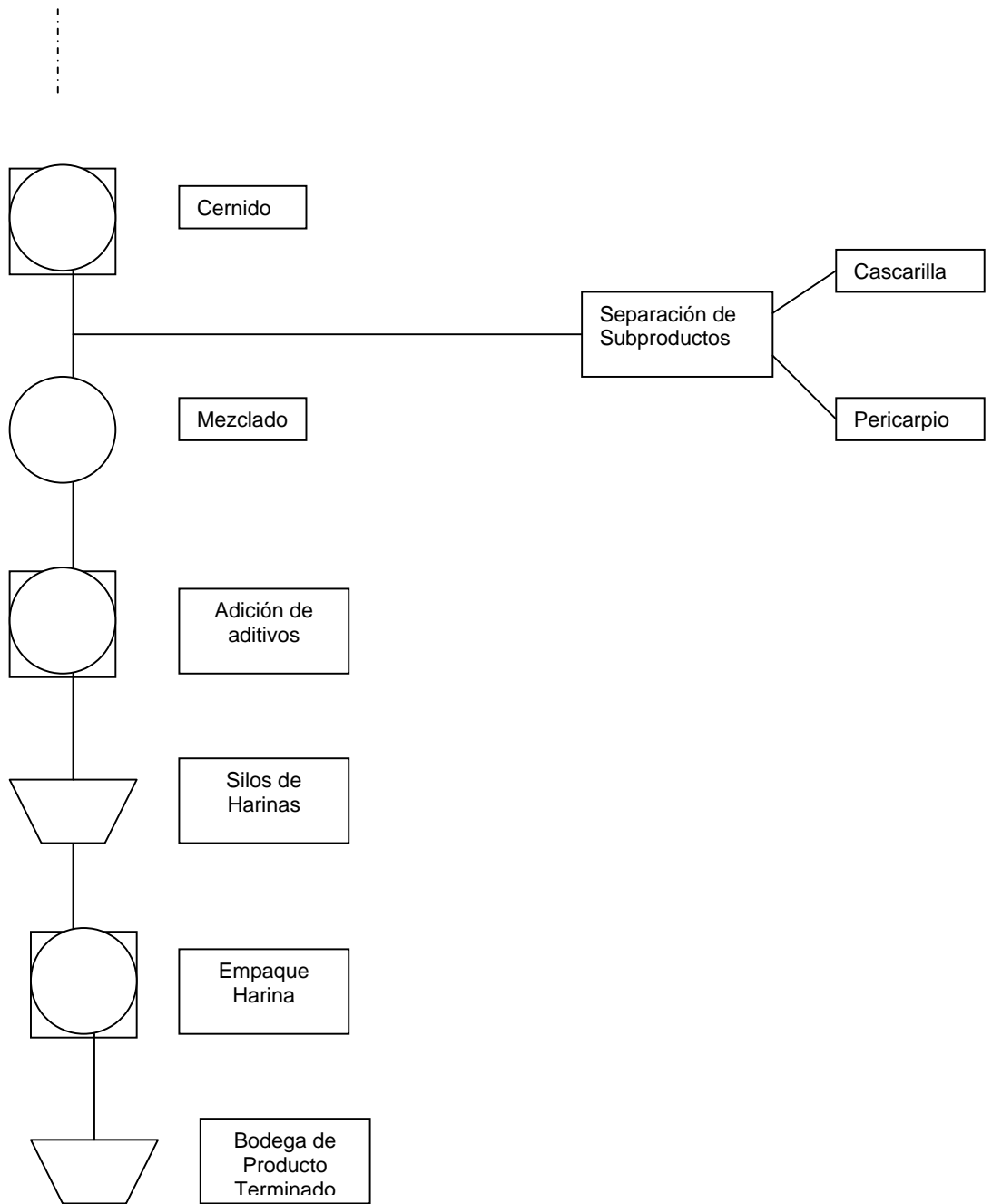
En estos sistemas de repasado se utiliza Maquinaria que facilite el proceso de molienda y que se obtengan resultados beneficiosas para el saneamiento de los productos finales para realizar esto es necesario utilizar: un cernedor de prueba de altas revoluciones y un flujo de diagrama de entelado fácil de cambiar sin parar el molino además se agrega un Desinfestador (Entoleter) de altas revoluciones para eliminar bichos y huevos de insectos y enviar una harina de buena calidad y sin infestaciones que llevarían a la quiebra a una empresa que se dedica a la fabricación de harinas para tortilla.

El cernedor que se utiliza para repasar harina deberá trabajar con la mayor carga posible de harina.

4.3 Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método nixtamalizado

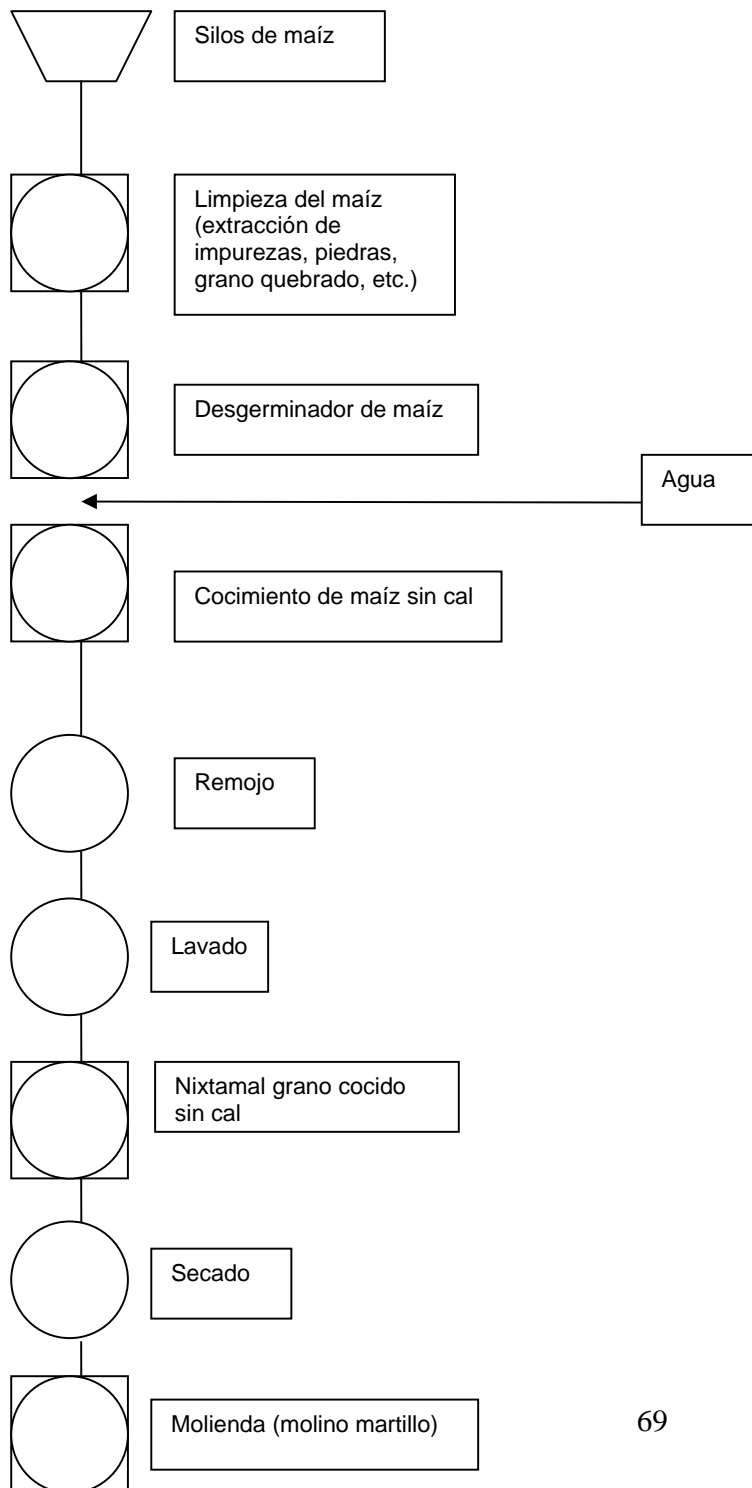
Figura 1 Diagrama de flujo del proceso de harina para tortilla de mesa método nixtamalizado

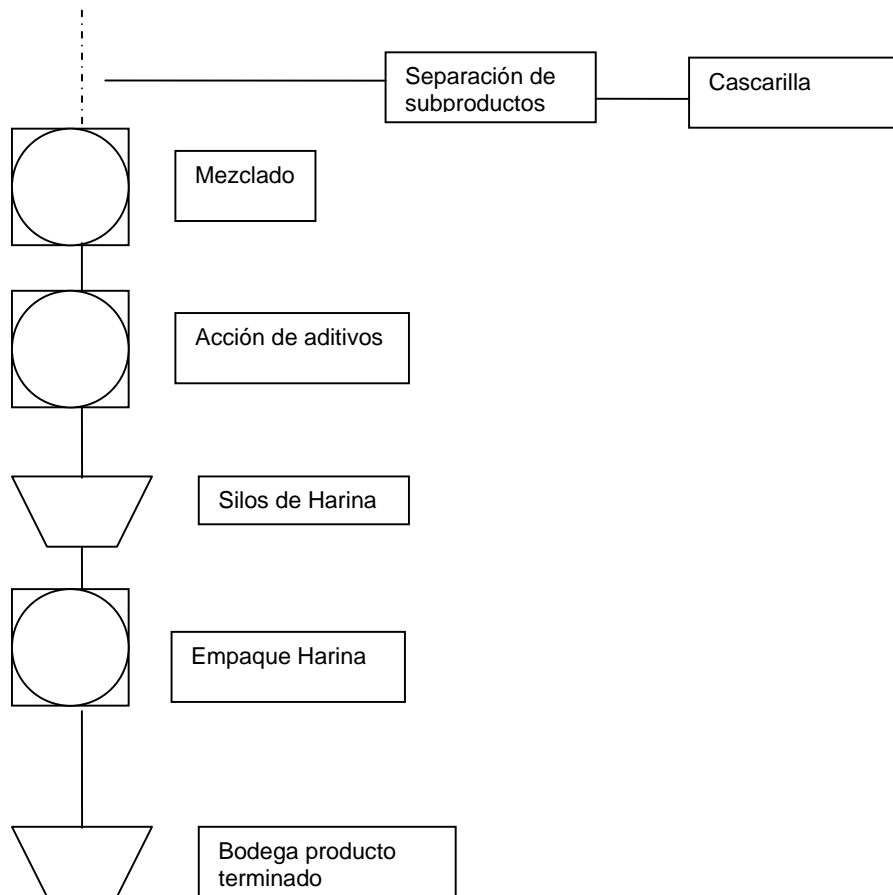




4.4 Diagrama del proceso de harina para tortilla método no nixtamalizado:

Figura 2. Diagrama del proceso de harina para tortilla método no nixtamalizado:





4.5 Análisis de las harinas y estándar

Bajo este concepto se realizarán los análisis físicos y químicos de la harina para que cumpla con la calidad que se requiere del producto y de los resultados deseados y esperados por el consumidor final y se asemeje a la tortilla que se hace a nivel artesanal tanto en sabor color y olor para lograr es necesario que el molinero en conjunto con el de control de calidad den los estándares de calidad para la harina y que les sirva como indicadores para mantener una estabilidad en sus harinas los parámetros se describen en los siguientes incisos.

4.5.1 Humedad de la harina

La humedad de la harina no es más que la cantidad de agua natural o agregada contenida en un producto.

El contenido de humedad es la pérdida de peso que experimenta el producto mediante calentamiento de la muestra a 130 grados centígrados por una hora para eliminar todo el contenido de agua.

El estándar recomendado para la elaboración de harina para tortilla de mesa debe de estar entre 10 a 11% de humedad. La harina con mucha humedad se puede poner mohosa.

El material y equipo necesario:

Bascula analítica

Estufa de o horno de aire caliente

Desecador

Molino de discos

Cápsula de aluminio y accesorios menores de laboratorio.

PROCEDIMIENTO:

Se pesan 10 gramos de harina en la cápsula previamente tarada.

Se distribuye uniformemente la harina en todo el platillo y luego se coloca en el determinador de humedad u horno a 130 grados centígrados durante 7 minutos.

Se saca la muestra y se coloca en el Desecador durante 5 minutos.

Se pesa la muestra con cápsula y se anotan los pesos.

Se utiliza la siguiente formula:

A: peso de la cápsula.

B: peso de cápsula ya desecada.

M: muestra...

$\% \text{ DE HUMEDAD} = ((B-A) / M) * 100.$

Si la humedad al calcularla no esta dentro de los parámetros establecidos se debe de avisar al molinero para que verifique en que parte del proceso esta aumentando la humedad es de vital importancia la humedad de la harina ya que tiene las propiedad higroscópica de aumentar cuando hay demasiada humedad en el ambiente y de perder cuando hay demasiada temperatura.

4.5.2 Ceniza de la harina

El porcentaje de cenizas no es más que la cantidad de materia residual de un producto después de incinerar la muestra.

Están constituidas por diversas sales de potasio, de cal, de magnesio y fósforo.

En otros términos es la cantidad de materia mineral que tiene la harina, dependiendo de la clase de maíz y de la extracción. La ceniza nos indica la pureza de una harina y la eficiencia de la separación efectuada entre la cascarilla y el endospermo.

MATERIAL Y EQUIPO NECESARIO

Harina.

Espátula pequeño

Tenaza

Crisoles

Mufla

Desecador

Balanza analítica de 8 dígitos.

Cápsulas de aluminio. (ver anexo 19)

PROCEDIMIENTO

Calentar, en la Mufla los crisoles a 130 grados centígrados durante 10 minutos.

Sacar los crisoles y colocarlos en el Desecador durante un lapso de 10 a 15 minutos.

Tarar los crisoles y pesar de 1 a tres gramos de muestra.

Colocar los crisoles dentro de la Mufla a 500 o 600 grados centígrados.

Dejar que la muestra sea incinerada durante 3 horas.

Después de dos horas, bajar la temperatura a 300 grados centígrados y dejar las muestras dentro de la Mufla una hora más, apagar la Mufla y dejar reposar la muestra una hora más.

Enfriar por treinta minutos en un Desecador. Luego pesar las muestras.

Se utiliza la siguiente formula para la obtención de la ceniza en la harina.

A= peso del crisol

B= peso del crisol + muestra ya incinerada.

M= muestra

$\% \text{ ceniza} = ((B-A)/M)*100$

El estándar para ceniza en la harina para tortilla de mesa debe de estar en un porcentaje de 1.5 a 2 %.

4.5.3 Color de la harina seca

Esta prueba se realiza en forma visual por la encargada de control de calidad tomando como referencia harinas producidas con anterioridad. El color que la harina debe de tener es un blanco claro pero el color dependerá de la pureza de la harina esto se refiere a limpieza que se la haya realizado en el proceso de molienda en la separación de la cascarilla del endospermo. Si el color es muy oscuro se puede agregar blanqueadores a la harina esto ayudara a mejorar la apariencia de la harina.

4.5.4 Color de la harina mojada

A través de este análisis se logra determinar mejor el color de la harina, un buen color. Debe de visualizarse de color crema a la hora de agregar agua a la harina. A esto también se le conoce como prueba de pekar la cual consiste en acondicionar unos 100 gramos de harina en una paleta de forma rectangular y lisa la cual se vierte en un recipiente con agua, luego se observa las pecas que no son más que la cascarilla que esta contaminando la harina se compara con una muestra base y se tiene los mismos parámetros se da por aceptada de lo contrario avisar al molinero para que revise la sección de cernedores para ver si no hay telas rotas.

4.5.5 Plasticidad de la harina

Esta prueba es de vital importancia ya que nos determinara que tanto se ha dañado el almidón en el proceso de molienda y dependerá de la habilidad del

Molinería y del tipo de Maquinaria y la forma de acondicionamiento del maíz. Ya que la harina a la hora de ser horneada o transformada en tortilla se observará la plasticidad de la tortilla lo que le dará la suavidad al producto y un tiempo de vida más largo. La típica textura de la tortilla flexible y semi plástica es el resultado de estos cambios que sufre el maíz en la cocción la molienda y el horneado.

4.5.6 Fuerza de la harina

Este análisis se realiza en los laboratorios del molino para saber como reaccionará la harina en el proceso de horneado. También depende de lo menos dañado que este la estructura del almidón, para poder atener más absorción de agua. Y tenga la humedad adecuada antes de ser horneada y esto se visualiza, en como se infla la tortilla a la hora de ser horneada si se produce ese crecimiento la tortilla tendrá más plasticidad y mas tiempo de vida sin que se ponga tiesa.

4.5.7 Absorción de agua

Es la capacidad que posee una harina para absorber agua cuando se convierte en masa. Es importante para las empresas o tortillerías ya que de la absorción de agua que tenga la harina en la masa sin perder sus propiedades, ya que son parámetros que influirán en que son determinadas por el rendimiento de las tortillas por en libras de harina, por tortillas obtenidas. También es el porcentaje de agua que absorbe la harina sin perder su consistencia y plasticidad la masa sin volverse chiclosa y no se logre un buen amasado. El porcentaje según las pruebas realizadas con las diferentes marcas que están en el mercado oscila en un 150 %.

La absorción de agua dependerá del contenido de humedad, del almidón lo menos dañado, la granulometría a la que se empaca la harina y se da al consumidor final estas propiedades las pueden mejorar en, el proceso de molienda.

4.5.8 Porcentaje de proteína

Es una prueba proximal que se le hace a la harina sin aditivos la cual oscila entre 8.5 y 9 % dependiendo de la variedad del maíz que se esta triturando en el molino. La prueba se realiza a través de rayos infrarrojos para determinar el porcentaje. También se puede mejorar el contenido proteínico con la adición de vitaminas sintéticas.

Como se sabe la proteína del maíz posee un bajo valor nutrimental, debido a su escaso contenido proteínico a las deficiencias en aminoácidos indispensables, principalmente lisina y triptofano de sus proteínas.

4.5.9 *Falling number* de la harina

No es más que la caída de harina en un medio licuoso.

Esta prueba sirve para medir la actividad enzimática (Alfa Amilasa) presente en los granos y las harinas de cereales.

Se determino en el laboratorio que la harina para tortilla de mesa por el proceso de cocción que lleva el grano el almidón se abre a cierta temperatura y pierde la actividad enzimática la cual a la hora de realizar la prueba el aparato no marca nada.

MATERIAL Y EQUIPO PARA REALIZARLO: Agua potable, *Falling number*, tubo viscosímetro, balanza analítica, determinador de humedad, harina, Beaker de 100 ml, pipeta agua desmineralizada.

PROCEDIMIENTO.

Determinar humedad de la harina.

Pesar 7 gramos de harina y colocarlo en un tubo viscosímetro, agregarle 25 ml de agua desmineralizada agitarlo hasta obtener la suspensión uniforme, colocarlo en el *Falling* y conectar el reloj o contador hasta 60 segundos y dejarlo hasta que el tubo descienda y tomar la lectura. Y corregirlo de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar a la que se esta realizando la prueba.

4.5.10 Porcentaje de fibra cruda

El análisis de fibra cruda se realiza en la, harina para determinar la digestibilidad o la pureza de la harina. Es un análisis porcentual según el estándar permitido en las pruebas químicas que se mandan a realizar en el instituto de nutrición de Centro América y Panamá (Incap) debe de estar en un porcentaje menor que el 3%.

4.5.11 Ph de la harina

Es una manera de expresar la acidez o la alcalinidad de una solución. La escala que se utiliza esta numerado de 1 a 14 donde 1 representa la mayor acidez y 14 la mayor alcalinidad se aplica la designación "pH" y el pH 7 es neutro, por encima de 7 es alcalino y por debajo de 7 es ácido, estas mediciones son importantes debido a que las tasas de fermentación son críticamente sensibles a los cambios del pH en la masa. La acidez en una

harina buena es baja. Cuando existe daño en la harina nos dará un PH alto mayor que 7 indica producto alcalino.

Un ph menor que 5 indica que las harinas son demasiadas ácidas y producirá resultados pobres en el horneado de la tortilla y mezclado de la tortilla la masa se vuelve muy chiclosa. Un PH aceptable esta en el rango de 5.5 a 6.5 El procedimiento para realizar la prueba es colocar 50 ml de agua y agregarle 10 gramos de agua y mezclarla completamente introducir un papel indicador durante treinta segundos en la solución formada, comparar con la tabla de colores la cual indicara el ph de la harina. Es un método fácil y practico que se esta utilizando en los molinos.

4.5.12 Sabor de la harina

Se determinara por medio de pruebas organolépticas y debe de tener un olor característico de masa de maíz.

4.5.13 Granulometría de la harina

No es más que el tamaño de las partículas de la harina que se obtienen de los sólidos insolubles de la masa y están formados por partículas grandes, medianas y pequeñas. Estas pruebas se realizan a través de un cernedor y las partículas grandes (más de 850 micrones de diámetro), retenidas en un tamiz US No 20 son pedazos de pericarpio, endospermo periférico, el extremo del casquillo y germen. Las partículas medianas y pequeñas son retenidas en el tamiz No 40 y 100 y son endospermo córneo y piezas del germen y lo que se recibe al final del plato es la harina de Maíz.

4.6 Horneado de la harina y Pruebas

4.6.1 Rendimiento de la masa

Se refiere a la cantidad de tortillas que se obtienen por una libra de harina de un determinado peso.

4.6.2 Producción de Gas

Se refiere al levantamiento que existe cuando la tortilla es colocada para su cocimiento y dependiendo de la cantidad de retención de gas y de la estructura de la masa y de la cantidad de agua que ha sido utilizada para la preparación de la masa dará un acabado adecuado en una de las caras de la tortilla evitando que se raje dando así una apariencia adecuada para satisfacer las características y calidades que requieren los consumidores finales.

4.6.3 pH de la masa

Hay dos razones para mantener el pH de la tortilla en lado ácido de la escala; una es la extensión de la vida del producto. Los inhibidores de hongos que se usa en la PRODUCCIÓN de tortilla trabaja mejor con un pH bajo, específicamente a 5.8 +/- 0.1. La segunda razón es el control del color de la tortilla.

4.6.4 Chiclosidad de la masa

Esto se refiere a la característica que da la masa a la hora de ser amasada y a la retención de agua si las características de la harina han sido dañadas en la molienda se observara que la masa se vuelve chiclosa en el amasado.

4.6.5 Tiempo de Horneado

Es el tiempo de cocción de la tortilla para su cocimiento que es alrededor de 15 a 20 segundos a una temperatura de 80 grados centígrado si es a nivel artesanal si es a nivel industrial se tiene la temperatura de 400 a 450 grados centígrados.

El horneado tiene las funciones de cocer y secar parcialmente la masa, impartir una apariencia ligeramente tostada y desarrollar la textura final de la tortilla.

En el primer paso del horno, se calienta la pieza de masa y se sella la cara inferior con un mínimo de deshidratación.

En el segundo paso la pieza se voltea, continua el calentamiento y se sella la segunda cara.

En el tercer paso se aplica suficiente calor para producir vapor de agua en la pieza e inflar las tortillas. El contenido de humedad de la masa debe de ser suficiente para producir el vapor requerido para inflar la pieza y mantener suficiente humedad residual en la tortilla final. Si no se desea inflar la tortilla en el tercer paso puede disminuirse. El contenido de humedad en las tortillas varía en el rango de 38 a 55%. Las tortillas secas tienden a ser rígidas y quebradizas.

(Ver anexo 20)

Las características físicas y químicas de la masa deben de ser adecuadas para crear esta estructura durante el horneado.

4.6.6 Color de la tortilla

Será definido por el color de la harina y la temperatura de cocción siendo la mas aceptada la tortilla de color blanco, un buen pH de la masa beneficia el color final.

4.6.7 Textura de la tortilla

La firmeza de la masa puede medirse con un penetrómetro como la distancia que un cono o aguja penetra al aplicarse un peso por un tiempo determinado. Las masas con capacidad de absorción de agua alta y mucha cohesividad son mas difíciles de penetrar obteniendo distancias de penetración cortas durante la prueba.

Algunos de los cambios que se requiere respuesta inmediata en los procesos de molienda para obtener buena textura en la tortilla son:

- a) Cambio del tipo de Maíz, edad y cosecha.
- b) Cambio en la eficiencia del cocimiento debido a las fallas de flama o vapor etc.
- c) Cambios en la eficiencia de la molienda debido a desgaste en las aspas del molino de martillo o separación inadecuada en el cernido.

- d) Nivel de humedad inapropiada de la masa y tortillas, y
Perfil inadecuado de tiempo y temperatura durante el horneado.

Se refiere a la calidad de la apariencia de la tortilla que este lisa y sin rajaduras y con buena apariencia

4.6.8 Temperatura de horneado

Se refiere a la temperatura de cocción que requiere la tortilla para su cocimiento la cual oscila a nivel artesanal de 80 a 90 grados centígrados con un tiempo de 25 a 30 segundos de cada lado para un total de 50 a 60 segundos y se voltean para que se inflen. La masa se moldea manualmente o se presiona formando discos delgados los cuales se cocinan en una plancha o comal caliente.

A nivel industrial la cocción oscila entre 316 a 370 grados centígrados con un tiempo de 30 a 35 segundos y durante la formación de la masa es extendida como una hoja delgada que es cortada por un cortador que rota, posicionado debajo de los rodillos. A través de una banda es enviada al horno para su cocimiento y son enfriados a temperatura ambiente para ser empacados. (Ver anexo 21)

4.7 Formato de Análisis

Es el registro donde se anotaran todas la pruebas de Textura y horneado de los diferentes tipos de harina que se produzcan en el proceso y así también el de la competencia para comparar resultados. (Ver anexo 23)

5 ADICIÓN DE PROTEÍNA A LA HARINA PARA TORTILLA

5.1 Adición de proteína de soya al maíz

Los propósitos de adición de proteínas de soya al maíz se pueden dividir en dos grandes grupos: los nutricios, los funcionales y comerciales. En el primer caso el papel de la soya es el de mejorar la calidad de las proteínas del maíz y productos derivados sin cambiar su sabor, color, olor y textura. En el segundo caso, con la adición de la soya se busca mejorar las características funcionales del producto procesado, facilitar los procesos y desarrollar nuevos productos. Utilizar productos de maíz adicionados con proteínas de soya con fines de intervención puede ser de una buena medida inicial de corto plazo para programas de nutrición y alimentación bien estructurados.

5.2 Mejoramiento de sus propiedades

5.2.1 Color

Con la adición de un 8% de harina de soya a la harina de maíz y estudios realizados sobre las propiedades organolépticas y de calidad desde el punto de vista del consumidor, es decir, la formación de ampolla y residencia al doblado, así como color, olor, se mantuvieron igual o mejor que el control elaborado solo con harina de maíz.

La harina de soya tiene un efecto blanqueador en los caretonoides de la harina de maíz dando como resultado una tortilla más blanca.

5.2.2 Sabor

El sabor de la tortilla es mejorado por las reacciones de Maillard, que ocurren durante la reducción de azúcares, péptidos y ácidos grasos insaturados

5.2.3 Plasticidad

Con la adición del 8% de soya se mejora la plasticidad de la tortilla haciéndose menos quebradiza a la hora del horneado y siendo más flexibles y así poder enrollar fácilmente otros alimentos por ejemplo, carne, frijoles y verduras para formar tacos.

El inflamamiento en el horneado da como resultado tortillas de una textura deseable ya que tradicionalmente las tortillas se producen diariamente y se consumen frescas, ya que envejecen rápidamente.

5.3 Fortificación de la harina

El enriquecimiento de la harina se empezaron a hacer estudios en año 2000 por el INCAP y la meta del enriquecimiento es de devolverle a la harina algunas de las vitaminas que se pierden en los sub-productos durante la molienda haciendo de esta manera de la harina un alimento protector, fuente de energía y de proteínas.

La harina debe de ser mas completa desde el punto de vista nutricional agregándole por lo tanto vitaminas y hierro. El enriquecimiento de la harina se logra agregando una preparación de vitaminas pre-mezcladas a través de un dosificador para lograr uniformidad y exactitud.

Los niveles mínimos de micro nutriente para la fortificación de la harina de maíz son señalados en la tabla siguiente.

Tabla IV. Niveles mínimos de Micronutrientes en la harina de maíz fortificada

Nutrientes	Nivel Mínimo (mg/kg)
Hierro	25
Niacina	25
Tiamina (vitamina B-1)	2.20
Riboflavina (vitamina B-2)	1.40
Acido fólico	0.80

Fuente: Mejoramiento nutricional de la harina Incap Guatemala.

Las pruebas para determinar el enriquecimiento mas sencillas que se puede hacer con la prueba de pekar de color se observa la muestra bajo luz ultravioleta se prepara una muestra enriquecida y una no enriquecida cerca de una luz ultravioleta la no enriquecida aparecerá obscura comparada con la banda de amarillo luminoso de la harina enriquecida esta prueba solo determina si esta enriquecida la harina. La prueba cualitativa que se utiliza se refiere a la aplicación de reactivos a una superficie de harina para ser visible el hierro que se le ha agregado con fines de enriquecimiento.

Los niveles mínimos de enriquecimiento no están normalizados en la harina de maíz.

5.4 Cambios en la concentración de algunos nutrimentos en el maíz al convertirlos en tortillas

Los cambios en la concentración de tiamina, riboflavina niacina y calcio se deben a los procesos de molienda que son sometidos el maíz ya para convertirse en harina, ya que se pierden algunas de la vitaminas en los subproductos por lo que es necesario el enriquecimiento o fortificación de la harina.

Los cambios se detallan en la tabla siguiente.

Tabla V. Cambios en la concentración de alguno nutrimentos en el maíz al convertirlos en tortillas

Nutrimentos	Maíz crudo	Tortilla	Cambio %
Tiamina mcg/g	3.84	1.55	-59.6
Riboflavina mcg/g	1.14	0.55	-51.8
Niacina mcg/g	20.0	13.54	-32.1
Calcio mg/100g	4.0	198	+495

Fuente: Bressani R. La importancia del maíz en la nutrición humana Incap, 1972:5.

5.5 Contenido de aminoácidos indispensables

El contenido de aminoácidos de las proteínas del maíz es más o menos constante. Puede notarse una baja concentración de dos aminoácidos

indispensables, lisina y triptofano, y valores altos como los valores de estos aminoácidos en la leche. Las proteínas de maíz se componen de dos fracciones proteínicas localizadas en el germen y representan el 20% y proteínas que se encuentran en el endospermo, la zeína que tiene cantidades insuficientes de dos aminoácidos indispensables, lisina y triptofano de sus proteínas la falta de estos aminoácidos hace que el maíz posea un bajo valor nutricional. En la siguiente tabla se presenta el contenido de aminoácidos indispensables.

Tabla VI. Contenido de aminoácidos indispensables (g/16gn)

Aminoácidos	Maíz	Proteína de Leche	Soya	Patrón de referencia
Lisina	2.88	7.94	6.4	4.2
Triptófano	0.61	1.44	1.3	1.4
Isoleucina	4.62	6.51	4.5	4.2
Leucina	12.96	10.02	7.8	4.8
Azufrados	3.15	3.41	1.3	3.0
Fenilalanina	4.54	4.94	4.9	2.8
Treonina	3.98	4.70	3.9	2.8
Valina	5.10	7.01	4.8	4.2

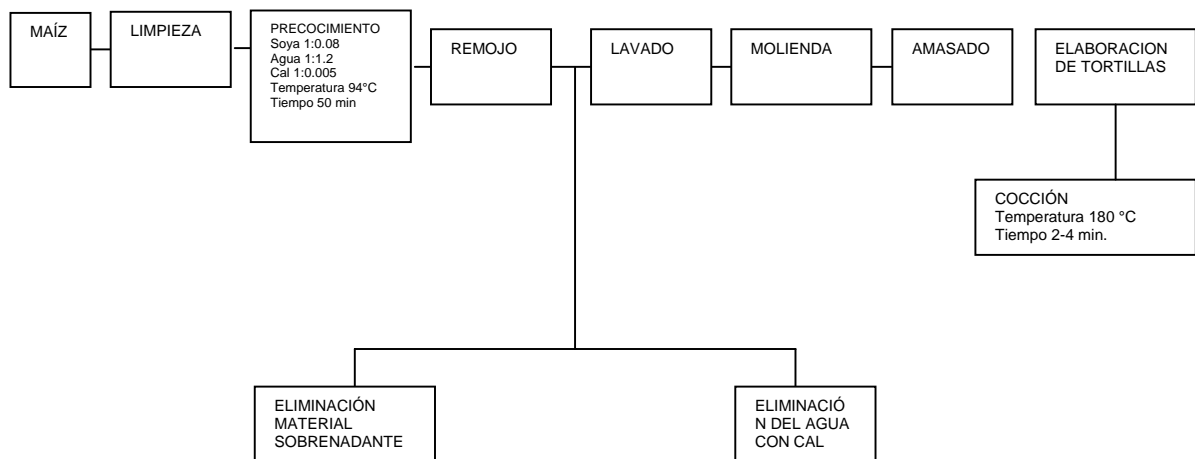
Fuente: Bressani R. La importancia del maíz en la nutrición humana Incap, 1972:5.

5.6 Elaboración de tortillas con soya

En el siguiente diagrama se especifica en forma general el proceso de la elaboración de la tortilla con soya.

Maíz Limpieza precocimiento Remojo lavado Molienda Amasado elaboración de tortillas cocción

Figura 3. Flujo de elaboración de tortillas con soya



5.7 Aditivos para el mejoramiento nutricional de la soya

Se encontró que el aditivo proteínico mas eficiente para él mejoramiento de la calidad de la proteína de maíz es la soya sugieren adicionar un 8% de harina de soya a la harina de maíz , donde el contenido de proteínas de esta mezcla es de aproximadamente de 9.5% en comparación con 8% y 40% en forma aislada tienen respectivamente las harinas de nixtamal y soya. Para tener mejores resultados se recomienda agregar a través de un dosificador al flujo de harina de maíz para alcanzar los resultados deseados de nutrición sin que afecten sus características fisicoquímicas y organolépticas de la harina de maíz para tortilla de mesa.

5..8 Vitaminización de la harina para tortilla

Las características de los productos de maíz nixtamalizado que generalmente son mejorados mediante el uso de aditivos son la textura de las tortillas durante el almacenamiento en el anaquel el color de las tortillas. En menor grado, pero técnicamente puede adicionarse agentes nutricionalmente enriquecedores y agentes que proporcionan, modifican el sabor de la tortilla nixtamalizada.

Las tortillas adquieren una textura firme y relativamente rígida cuando se enfrían y permanecen almacenadas debido a una combinación de factores que incluyen la deshidratación, retrogradación del almidón y formación de una estructura poco flexible.

Algunos aditivos como monoglicéridos diglicéridos, hidrocoloides y enzimas pueden usarse para mejorar la flexibilidad de la tortilla tanto fresca como almacenada.

Combinaciones óptimas de hidrocoloides, mono y diglicéridos y enzimas tienen un gran potencial como mejoradores de textura en masas y tortillas.

Los aditivos que pueden emplearse para blanquear se encuentran se encuentran los ácidos que reducen el pH, además una buena remoción del pericarpio en el proceso de molienda y un buen lavado que elimina el exceso de cal ayudan a aclarar los colores de los productos. La utilización de agentes oxidantes como peróxidos y óxidos es también una posibilidad para blanquear, estos se pueden adicionar a la harina mediante dosificadores volumétricos en el proceso de molienda. (Ver anexo 22)

CONCLUSIONES

1. El crecimiento continuo de la industria de productos de maíz nixtamalizado y el aumento de la demanda del consumidor en productos con alta calidad y consistencia, crean la necesidad de implementar procedimientos analíticos para monitorear la calidad de los productos intermedios y terminados.
2. Las harinas de maíz deben lograr el mejoramiento de la textura de las tortillas de maíz, dosificando combinaciones de hidrocoloides, enzimas y glicéridos para el sostenimiento de una estructura suave y flexible en la tortilla, pues es una necesidad para la industria con mercados grandes que requieren distribución y almacenamiento higiénicos.
3. Las diferencias entre un proceso nixtamalizado y no nixtamalizado para la obtención de harina de maíz para tortilla de mesa radica en la adición de cal, tiempo de cocimiento del maíz y la planta de tratamiento de sólidos.
4. El proceso no nixtamalizado requiere de equipo más sofisticado para desgerminar, separar el pericarpio y cascarrilla del grano de maíz para obtener características similares de buen color, olor, sabor, vida de anaquel, valor nutricional de las tortillas para estandarizar comparaciones con el proceso nixtamalizado..
5. El maíz ideal para procesos alcalinos es el que tiene un tamaño uniforme de grano, color brillante con una cantidad relativa de granos rotos y cuarteados.

6. El tratamiento con cal - hidróxido de calcio - es el ingrediente vital en la PRODUCCIÓN de tortilla hechas con granos de maíz, facilita la remoción del pericarpio durante la cocción y el remojo, controla la actividad microbiana, afecta el sabor, color, olor, vida de anaquel y el valor nutricional de la tortilla.
7. La cal también reacciona con el almidón y facilita su gelatinización. No debe excederse del 1% del peso del maíz. Los niveles de uso más comunes son de 13 a 15 onzas por 100 libras (813-938g por 100 kg.) de maíz.
8. El valor nutricional de los productos de maíz cocidos con cal son una fuente importante de energía, proteínas, fibra y calcio para las personas que dependen de estos artículos como alimento principal.
9. El conocimiento de los procesos para la elaboración de harina de maíz le darán la capacidad a los supervisores de medir la textura del nixtamal, masa y tortillas para responder a los cambios encontrados durante la molienda, para dar respuesta inmediata a cambios en la materia prima, eficiencia del cocimiento, desgastes de equipo, niveles de humedad inapropiados de la masa, tortillas y el perfil adecuado de tiempo de temperatura durante el horneado.
10. El principal uso de los productos de proteína de soya en tortilla de maíz, debería ser fortificar a la proteína. Ya que la proteína de maíz es deficiente en dos aminoácidos indispensables lisina y triptofano. Se adicionará un porcentaje de 8% de harina de soya, para mejorar sus propiedades de sabor, color y la plasticidad en los productos finales.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere utilizar maíz blanco de color grano brillante sin granos manchados. La textura del endosperma debe de ser dura a intermedia con un pericarpio que sea fácil de remover durante la cocción alcalina. Estos híbridos tienen granos que tienen mayor tolerancia a la sobre-cocción, abusos en el manejo y pérdidas reducidas de materia seca por consiguiente.
2. Es necesario regular a nivel nacional la fortificación de la harinas de maíz, ya que beneficiará a las comunidades donde el consumo es alto , pues se mejora el desarrollo físico (peso y estatura corporal) y mental de los infantes, una reducción de enfermedades gastrointestinales, virales y además de una baja considerable del índice de mortalidad infantil.
3. En el proceso nixtamalizado debe colocarse dosificadores electrónicos, para lograr un dosificado eficaz y que no afecte la calidad de la harina y sus propiedades fisicoquímicas.
4. El tiempo de cocimiento del método de no nixtamalizado debe ser más prolongado para lograr las mismas características del cocimiento con cal.
5. El uso de Maquinaria apropiada, eficiente en el consumo de energía y que permita el control optimo del proceso para que resulte ventajoso.

6. La implementación de métodos no nixtamalizados en los procesos para evitar el tratamiento de los residuos de los sólidos y así ayudar al medio ambiente para no verter contaminantes a los drenajes.

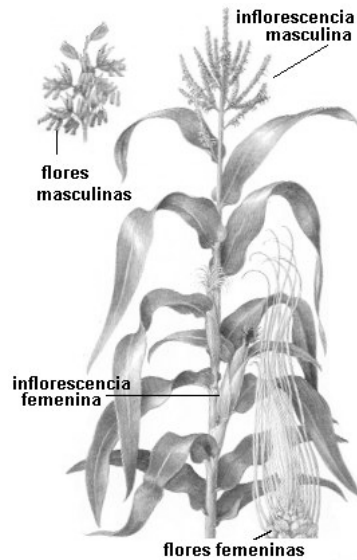
7. La implementación de sistemas de control de humedad, textura, y pH deben ser precisos y exactos para generar información confiable y que permita una respuesta correctiva rápida a los supervisores.

BIBLIOGRAFÍA

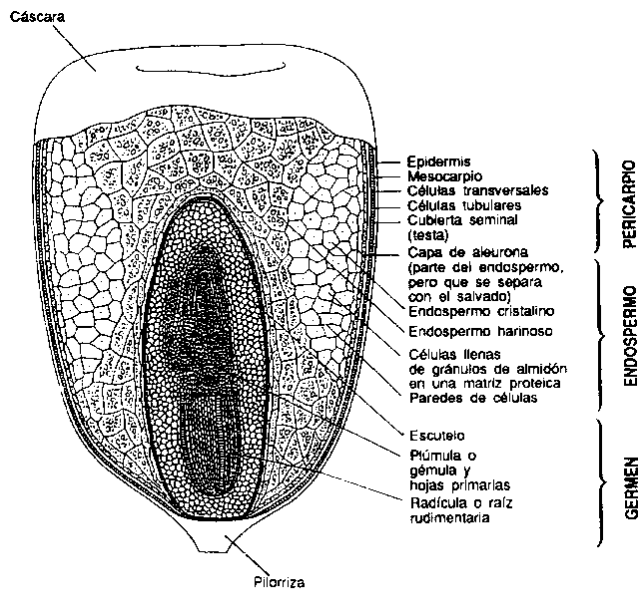
1. Dr. Carl Reed. **Conservando el Maíz lo Más Frió Posible.** Estados Unidos: Programa Internacional de Agricultura, 1998.
2. Lic Adela Pérez Delgado. **Adición de Proteínas de Soya al Maíz.** Asociación Americana de Soya México, Cat No 65, 1992. (Edición no Comercial) Septiembre 1,992
3. Lw. Rooney. **Tortilla y Alimentos Tipo Botana de Maíz Nixtamalizado.** Asociación Americana de Soya. Soya noticias México (Edición no comercial) Septiembre, 1997.
4. Dr. Sergio Othón Serna Saldivar. **Valor Nutritivo de Tortillas Fortificadas con Soya.** Departamento de tecnología de Alimentos ITESM-Champús Monterrey México (Edición no comercial) Septiembre, 1996.
5. Serna Saldivar. SRO. 1996. **Química, almacenamiento e industrialización de los cereales.** AGT Editor: México, D.F. México.
6. AIB. **Tecnología aplicada a la Panificación Funciones de los Ingredientes tortilla de maíz.** Estados Unidos (Edición no comercial) Septiembre, 2005. Pagina electrónica www.aibonline

7. AOM. **Curso por Correspondencia en Molinería de Harina.** Preparado por la asociación operativa de Molineros de los estados Unidos (Edición no comercial) 2000. Página electrónica www.aomonline.

ANEXO1: PLANTA DE MAÍZ



ANEXO 2: PARTES DEL GRANO DE MAÍZ



- El endospermo comprende cerca del 82% del grano.
- El germen representa el 11%
- El pericarpio representa el 5.3%
- La testa (unión del grano a la mazorca) es el 0.8%.

Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

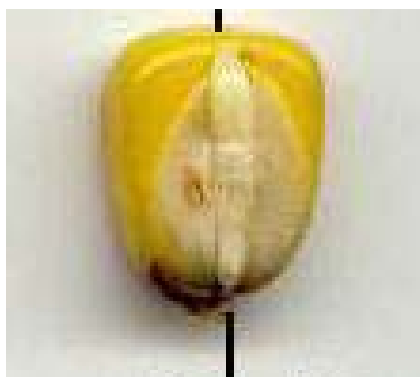
ANEXO 3: GERMEN DE MAÍZ



ANEXO 4: CASCARA DE MAÍZ



ANEXO 5 GRANO DE MAÍZ:



PUNTA DE MAÍZ

Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 6: EQUIPO PARA DETERMINACIÓN DE PESO ESPECÍFICO



ANEXO 7: MATERIALES EXTRAÑOS



ANEXO 8: GRANO QUEBRADO



Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 9: EQUIPO PARA MEDIR *FALLING NUMBER*



ANEXO 10: MAÍZ CON MICOTOXINAS



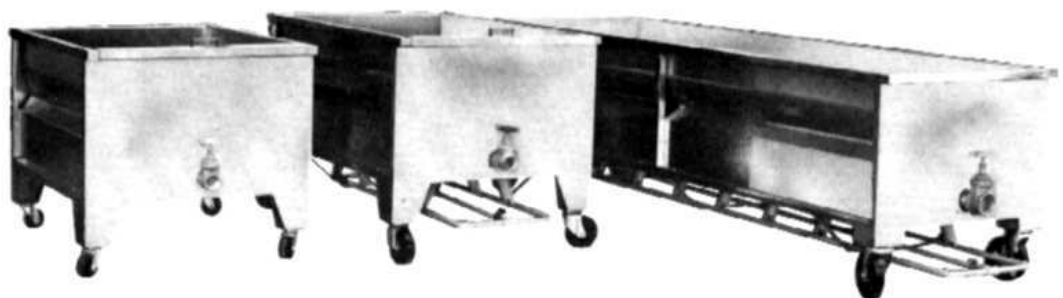
ANEXO 11: SILOS DE MAÍZ



ANEXO 12: ZARANDAS DE MAÍZ



ANEXO13: EQUIPO PARA COCIMIENTO DE MAÍZ



Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 14: MOLINO DE MARTILLO



ANEXO 15 MOLINO DE CILINDROS

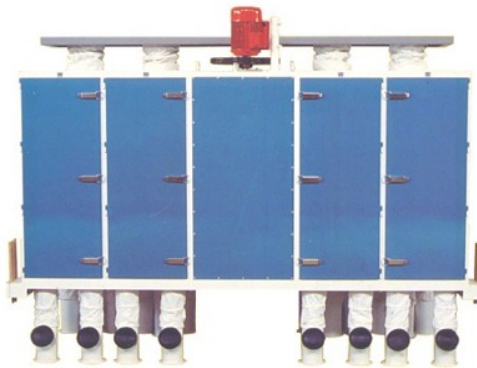


Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 16: HARINA DE MAÍZ



ANEXO 17 CERNEDOR DE HARINA



Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 18 PURIFICADOR



ANEXO 19 EQUIPO DE LABORATORIO

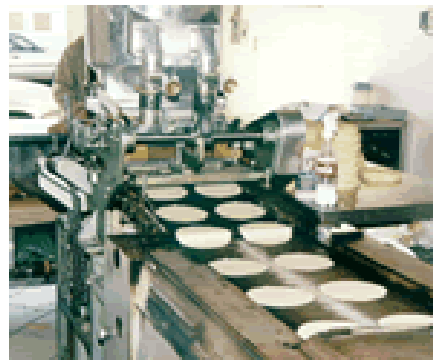


Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXO 20: TORTILLAS DE HARINA



ANEXO 21: COCIMIENTO DE TORTILLA ARTESANAL E INDUSTRIAL



Fuente: Lic Adela Pérez Delgado. **Adición de Proteínas de Soya al Maíz.**1992

ANEXO 22: DOSIFICADOR DE ADITIVOS



Fuente: Buhler, G. www.buhlergroup.com

ANEXOS

ANEXO 23: REPORTE DIARIO DE LABORATORIO

Fecha: _____ Día: _____ Turno: _____											
DESCRIPCION	HORAS										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Numero de Batch											
Humedad inicial del maíz											
PPB de micotoxinas											
Porcentaje de grano quebrado											
Peso específico del maíz											
Porcentaje de impurezas del maíz											
Porcentaje de agua											
Porcentaje de cal											
Presión de la caldera											
Temperatura de cocimiento											
Tiempo de cocimiento											
Tiempo de lavado											
Tiempo de secado											
Humedad de la harina											
Ceniza de la Harina											
Color de la Harina seca											
Color de la Harina mojada											
Plasticidad de la harina											
Absorción de agua											
Ph de la harina											
Textura de la tortilla											

Observaciones _____

