

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**GUÍA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN DE MAÍZ BLANCO PARA LA
INDUSTRIA TORTILLERA NACIONAL**

Ariel José Dávila Jirón

Maestría en Gestión de la Calidad con Especialización en Inocuidad de Alimentos

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA



**GUÍA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN DE MAÍZ BLANCO PARA LA
INDUSTRIA TORTILLERA NACIONAL**

**Trabajo de graduación presentado por
Ariel José Dávila Jirón**

Para optar al grado de Maestro en Artes

Maestría en Gestión de la Calidad con Especialización en Inocuidad de Alimentos

Guatemala, noviembre de 2016

JUNTA DIRECTIVA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA

Dr. Rubén Dariel Velásquez Miranda	DECANO
M.A. Elsa Julieta Salazar de Ariza	SECRETARIA
MSc. Miriam Carolina Guzmán Quilo	VOCAL I
Dr. Juan Francisco Pérez Sabino	VOCAL II
Lic. Carlos Manuel Maldonado Aguilera	VOCAL III
BR. Andreina Delia Irene López Hernández	VOCAL IV
BR. Carol Andrea Betancourt Herrera	VOCAL V

CONSEJO ACADÉMICO

ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

Rubén Dariel Velásquez Miranda, Ph.D.

María Ernestina Ardón Quezada, MSc.

Jorge Mario Gómez Castillo, MA.

Clara Aurora García González, MA.

José Estuardo López Coronado, MA.

DEDICATORIA

A:

DIOS: Nuestro padre celestial por darme la vida, por permitirme alcanzar una meta más, por darme sabiduría, fortaleza y ser siempre la luz que ilumina mi camino.

MIS PAPAS: Freddy Dávila y Sonia Jirón, con mucho amor por estar siempre a mi lado en los momentos difíciles, contando con su apoyo incondicional, enseñándome el camino correcto con sus sabios consejos.

MIS HERMANOS: Por brindarme su colaboración para culminar esta fase profesional de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A:

Mi asesor Ricardo Veliz, por brindarme las herramientas para mejorar mi calidad como estudiante.

Mis amigos, especialmente a Paty, Lily y Aleyda, por brindarme su apoyo y amistad y haber compartido momentos inolvidables durante nuestros estudios.

Mi familia que me ha brindado su apoyo incondicional y me han respaldado en las decisiones que he tomado en mi vida.

RESUMEN EJECUTIVO

Se elaboró una guía del proceso de nixtamalizado del maíz blanco en la industria tortillera guatemalteca, con el fin de proporcionar a los productores de tortillas, directrices para el manejo de medidas en la elaboración del producto.

Se inició la investigación con la revisión bibliográfica, para la adquisición de conocimientos en cuanto al proceso de nixtamalización, en función a los procedimientos y técnicas que las industrias tortilleras realizan para el desarrollo de su producción y, de las normativas establecidas por el Ministerio de Economía de Guatemala para el logro del proceso ideal de nixtamalizado. Entre ellas; Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 047 “Maíz en grano – Maíz elaborado”, que establece una clasificación, designación y grados de calidad del maíz nacional; Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 052 h2 “Granos Comerciales y Otros Alimentos”, que determina el contenido máximo de aflatoxina en el maíz, aspectos que en algunas empresas tortilleras, no se toman en cuenta en el desarrollo del proceso.

Se realizaron visitas técnicas a tortillerías industriales de maíz, en donde se observó el proceso completo de nixtamalización, el cual se realiza de formas diferentes, sin tener control alguno sobre la cantidad de maíz y cal que vierten sobre las marmitas o cocedores, el tiempo de reposo y la cantidad de lavadas al maíz. Asimismo, ninguna de esas industrias tortilleras cuenta con una adecuada capacitación de su personal, ni un documento guía que contenga los pasos lógicos para el control del proceso y la estandarización de su producción.

Es importante el uso de medidas y tiempos estandarizados para el nixtamalizado, ya que al realizar el mismo sin considerar los factores que determinan el adecuado proceso, varían los resultados de los lotes producidos y el producto final. Por ello se debe tomar en cuenta que la carencia de un proceso regulado afecta tanto a las industrias nacionales, a las tortillerías artesanales y al ser humano en general, por lo que se recomienda regirse por las normativas establecidas para el efecto, capacitar de forma adecuada al personal y contemplar el desarrollo del proceso con la guía que se presenta.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	JUSTIFICACIÓN.....	2
III.	MARCO TEÓRICO	3
3.1	Origen del Maíz	3
3.1.1	Características Morfológicas Botánicas	3
3.2	Estructura del grano de maíz.....	5
3.3	Calidad del grano para nixtamalización.....	8
3.4	Normas relevantes para el maiz	8
3.5	Proceso de Cocción.....	10
3.6	Cambios químicos debido al procesamiento.....	13
3.7	Otras observaciones del proceso de nixtamalización.....	14
3.8	Nixtamalización de otros cereales	15
3.9	Alimentos de harina de maíz nixtamalizado	15
3.10	Reducción de Aflatoxina con el proceso de nixtamalizado	15
3.11	Reducción de Fumonisinias con el proceso de nixtamalizado.....	17
IV.	OBJETIVOS.....	20
4.1	Objetivo General.....	20
4.2	Objetivos Específicos	20
V.	METODOLOGÍA	21
VI.	RESULTADOS	22
6.1	Resultados	22
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	25
VIII.	CONCLUSIONES.....	26

IX. RECOMENDACIONES	27
X. BIBLIOGRAFÍA.....	28

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de tortillas de maíz ha sido y es parte fundamental para los habitantes guatemaltecos, siendo de consumo diario para la mayoría de la población.

El proceso de nixtamalización se puede aplicar a diferentes cereales, pero en Guatemala se utiliza mayormente para la fabricación de tortilla de maíz. Este consiste en un proceso alcalino de cocción del maíz, para convertirlo en masa. Actualmente, se utiliza cal y agua en este proceso, anteriormente se utilizaban cenizas de tronco de madera.

En Guatemala, se realiza este proceso de manera empírica, se desconocen las ventajas de realizarlo adecuadamente, con medidas estandarizadas y con el tiempo correcto de cocción y reposo. Es por eso la importancia de realizar una guía del proceso de nixtamalización del maíz, ya que con una buena implementación se pueden evitar enfermedades y se aprovecha el máximo la biodisponibilidad nutricional del maíz.

Es importante conocer las diferentes calidades de granos que existen en Guatemala y su regularización por la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO 34 047 y la determinación de aflatoxinas que establece la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR NGO 34 052 h2, para el proceso ideal de Nixtamalización.

El propósito del proyecto de trabajo es la elaboración de una guía que proporcionará a la industria tortillera nacional y a las tortillerías artesanales, medidas estándares para la fabricación de tortillas de maíz, para aprovechar al máximo el rendimiento del mismo y se tenga el conocimiento de la calidad de los granos permisible en Guatemala. Asimismo permitirá establecer la importancia del proceso de nixtamalización y los beneficios del mismo en la elaboración de tortillas de maíz.

II. JUSTIFICACIÓN

La tortilla en Guatemala es de consumo popular, por lo que se elaboró una guía para la producción industrial de la misma, ya que es un producto de consumo humano. La realización de la nixtamalización durante el proceso de fabricación de la tortilla de maíz es beneficiosa tanto para el consumidor como para el productor, ya que aumenta su valor nutritivo y disminuye casi en su totalidad la presencia de Aflatoxinas que son consideradas como el carcinógeno más potente producido en la naturaleza, que puede causar hasta la muerte de los seres humanos.

El adecuado proceso de nixtamalización, disminuye las fumonisinas, que junto con las aflatoxinas, pertenecen a la familia de micotoxinas. Las fumonisinas son abundantes en el maíz, por lo que la nixtamalización evita los efectos toxicológicos de las mismas que están relacionados con enfermedades en los animales, tales como la leuco encefalomalacia equina y el edema pulmonar porcino, y con el cáncer esofágico en seres humanos.

La falta de normas guatemaltecas que regulen la existencia de micotoxinas hace que exista cierto peligro en el consumo popular de las tortillas de maíz, ya que no se conoce la procedencia, controles y proceso a que fueron sometidas.

La realización de este trabajo pretende beneficiar a la industria tortillera nacional y a las tortillerías artesanales, ya que podrán llevar control de su proceso y estandarizar su producción, así como proporcionar una tortilla de calidad nutritiva al consumidor.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Origen del Maíz

El maíz (*Zea Mays*) es una planta gramínea anual, originaria de México, introducida en Europa durante el siglo XVI, después de la invasión española. Actualmente es el cereal de mayor producción en el mundo, por encima del trigo y el arroz (Pliego, 2011).

Su nombre científico proviene del griego *Zeo*, que significa vivir y de la palabra *Mahíz*, palabra que los nativos del Caribe, llamados Taínos, utilizaban para nombrar al grano (Pliego, 2011).

A mediados de la década del '50, a 30 Km de la ciudad de México, en dirección nordeste de las pirámides, se encontraron muestras de polen identificados como pertenecientes al maíz o a sus antiguos progenitores que tendrían de 60 a 8.000 años de edad. Esto nos da una idea de la magnitud en la evolución de la especie (Sana, 2011).

Aunque lo antes mencionado goza de una aceptación general, no se descarta la posibilidad de centros secundarios de origen y/o adaptación en Sudamérica, si bien es cierto que las evidencias arqueológicas sobre la domesticación son escasas y están centradas en el Perú, donde los materiales más antiguos datan del año 1.000 a.C. Espigas completas encontradas del 500 a.C. son muy parecidas a las razas andinas que aún se encuentran en Perú y Bolivia; y muy distintas de los restos arqueológicos mexicanos (Sana, 2011).

Con el descubrimiento de América fue introducido en los países mediterráneos, donde se difundió rápidamente (Riva).



Fuente: Tierra, S.A. (2004).
Somos Amigos de la Tierra.
México:somosamigosdelatierra.org

3.1.1 Características Morfológicas Botánicas

Nombre común: Maíz
Nombre científico: *Zea mays*
Familia: Gramíneas
Género: *Zea* (InfoAgro, 2005)

Botánica

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual (InfoAgro, 2005).

Tallo

El tallo es simple erecto, de elevada longitud puede alcanzar los 4 metros de altura, es robusto y sin ramificaciones. Por su aspecto recuerda al de una caña, no presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (InfoAgro, 2005).

Inflorescencia

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta (InfoAgro, 2005).

En cuanto a la inflorescencia masculina presenta una panícula (vulgarmente denominadas espigón o penacho) de coloración amarilla que posee una cantidad muy elevada de polen en el orden de 20 a 25 millones de granos de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (InfoAgro, 2005).

Hojas

Las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes (InfoAgro, 2005).

Raíces

Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (InfoAgro, 2005).

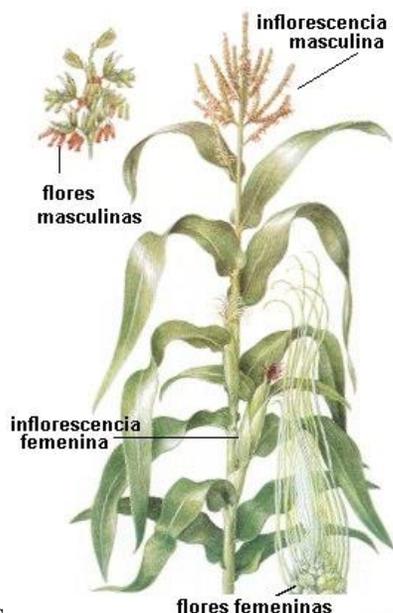


Figura 1: Planta Zea Mays

Fuente: Nordeste, U.N. (2001). Morfología de Plantas Vasculares. Argentina:Corrientes

3.2 Estructura del grano de maíz

Para comprender mejor las diferencias entre el proceso de nixtamalización y otro proceso de transformación del maíz en alimentos para el hombre, vale la pena revisar la estructura del grano, la cual tiene implicaciones sobre el contenido de nutrientes y sobre el valor nutritivo de los productos derivados del maíz. En la Figura 1, se representa un corte longitudinal del grano, mostrando varias estructuras, entre ellas la cáscara, el germen y el endospermo, que son importantes en los procesos. La cáscara representa alrededor del 8% del peso del grano, mientras que el germen y el endospermo representan alrededor del 10 y 82% del peso total del grano en base seca, respectivamente. Estas fracciones difieren significativamente en el contenido de fibra, mayor en la cáscara; en proteínas y grasa, mayor en el germen, y en carbohidratos, mayor en el endospermo. Estas últimas dos fracciones también difieren entre sí en la calidad nutritiva de la proteína (Bressani, 1995).

El grano de maíz maduro está compuesto por tres partes principales:

Pericarpio

Capa exterior de cubierta protectora dura y fibrosa que encierra al grano. Comprende el pericarpio, la testa y la cofia, en un pequeño casquete que cubre la punta del grano y protege al embrión. En el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias (Dorigoni, 2010).

Endospermo

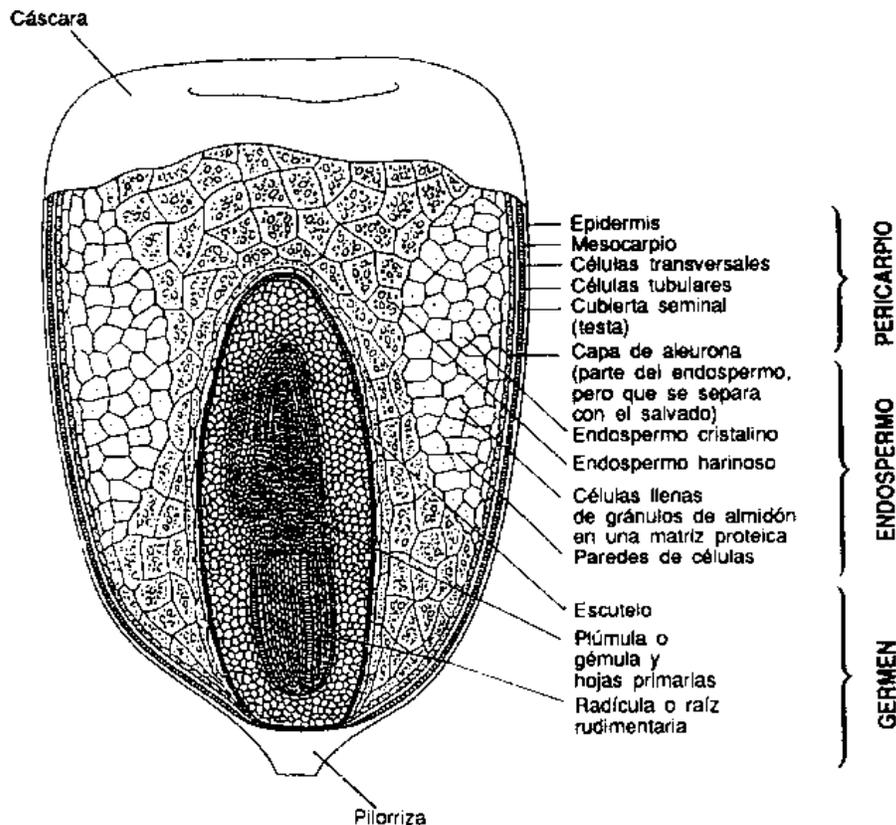
Reserva energética, representa el 80-84% de peso total del grano.

Compuesta por 90% de almidón y 7% proteínas, acompañadas de aceites, minerales y otros compuestos. Funciona como dador de energía a la planta en su desarrollo (Dorigoni, 2010).

Germen

En el extremo mas bajo del grano ocupando el 9,5 al 12% del volumen total del mismo. Posee dos partes destacables: el eje embrionario o planta nueva y el escutelo que constituye una gran reserva de alimento. En el grano maduro el germen contiene alto porcentaje de aceites (35-40%) (Dorigoni, 2010).

Figura 2: Estructura del grano de maíz: corte longitudinal aumentado aproximadamente 30 veces



(Facilitado por el Wheat Flour Institute, Chicago, Illinois, 1964)

Fuente: Institute, W.F. (1964). Chicago, Illinois

Análisis proximal de los granos de maíz

El propósito principal de un análisis proximal es determinar, en un alimento, el contenido de humedad, grasa, proteína y cenizas. Estos procedimientos químicos revelan también el valor nutritivo de un producto y es también un excelente procedimiento para realizar control de calidad y determinar si los productos terminados alcanzan los estándares establecidos por los productores y consumidores.

Cuadro 1. Análisis proximal de los granos de maíz

PROPIEDAD	PORCENTAJE (%)
Humedad	16.7
Almidón	71.5
Proteínas (N X 6.25)	9.91
Grasas	4.78
Cenizas (oxido)	1.42
Fibra cruda	2.66
Azucares totales	2.58
Xarotenoides totales, mg/kg	30.0

Fuente: Dorigoni, M.R. (2010). Efecto de la Cal y las Cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla. Guatemala.

Composición química de las partes del grano de maíz

Cuadro 2. Composición química de las partes del grano de maíz

Componente Químico	Contenido en pericardio (%)	Contenido en endospermo (%)	Contenido en germen (%)
Proteína	3.7	8.0	18.4
Éter extraído	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcar	0.4	0.62	10.8

Fuente: Dorigoni, M.R. (2010). Efecto de la Cal y las Cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla. Guatemala.

3.3 Calidad del grano para nixtamalización

Varios investigadores han estudiado el efecto de la calidad del grano de maíz y el proceso de nixtamalización, con el fin de establecer normas de calidad. Los criterios de selección de las normas han sido: pérdidas en sólidos, características funcionales y aspectos de color, sabor y textura del producto. Los resultados coinciden en que el grano de maíz debe ser entero, sin fisuras, sano y haber sido almacenado bajo buenas condiciones de temperatura y humedad. Asimismo, el grano debe contener entre 10-12% de humedad y puede ser grano semiduro o duro, con un endospermo con mayor proporción de estructura dura que puede llegar a ser harinosa y un poco dentada. La densidad del grano debe ser no menor de 1.3 g/ml y el peso de prueba de 0.77 kg/litro. Por otro lado, es importante que la cáscara sea fácilmente eliminada por el proceso alcalino. Se puede utilizar maíz blanco o amarillo, pero de olote de color blanco, ya que los de color rojo imparten colores no deseables en el producto final (Bressani, 1995).

3.4 Normas relevantes para el maíz

Se presentan dos normativas relevantes para la comercialización de maíz en Guatemala. La Norma Guatemalteca obligatoria 34 047 “Maíz en grano – maíz elaborado” de la Comisión Guatemalteca de Normas, Ministerio de Economía, publicada en el Diario Oficial de fecha 5 de Julio del 1982 (FAO, 2005) y la Norma Guatemalteca Obligatoria 34 052 h2

“Granos Comerciales y Otros Alimentos”, aprobada según Acuerdo Gubernativo Número 226-92 de fecha 26 de marzo de 1992, de la Presidencia de la República de Guatemala.

La Norma COGUANOR 34 047, define el maíz bruto como “el maíz que consiste en el 50% en masa o más de granos enteros de maíz desgranado y que no contiene más de 10% en masa de otros granos”. El maíz elaborado es “el maíz en grano obtenido a partir del maíz en bruto, después de someterlo a proceso de limpieza, desinfección y eventual secamiento y que cumple con los requerimientos de la presente norma.” Para el maíz elaborado, la norma define cuatro grados de calidad, Cuadro 3. En la determinación del grado de calidad se toman en cuenta varias características, entre ellas la infestación. El maíz infestado contiene insectos vivos dañinos para el grano almacenado, mientras el maíz dudosamente infestado solo tiene insectos muertos (FAO, 2005).

La Norma COGUANOR 34 052 h2, tiene por objeto determinar la cantidad de aflatoxinas en granos comerciales y otros alimentos a través de la aplicación del método Romer, el cual permite detectar los siguientes niveles de aflatoxinas:

- a) > 5 ug/kg de aflatoxinas totales, en almendras;
- b) > 2 - 10 ug/kg de aflatoxinas totales, en maíz blanco y amarillo, harina de maní; harina de algodón, maní, mantequilla de maní y nueces de pistacho; y
- c) > 15 ug/kg de aflatoxinas totales en alimentos mezclados; Nota. La expresión aflatoxinas totales incluye B1, B2, G1, G2 (FAO, 2005).

Cuadro 3. Grado de calidad para maíz elaborado según la Norma Guatemalteca Obligatoria 34 047

Grado de Calidad (1) (2)	Tolerancias máximas en porcentaje en masa						Grano Infestado	Grano dudosamente infestado
	Humedad (3)	Impurezas (3)	Grano dañado (4)	Grano quebrado y materias extrañas	Grano Contrastante			
					Por Color	Por Textura		
1	13	1	5	3	5	20	No se acepta	Se acepta
2	13	1	6	4	5	20	No se acepta	Se acepta
3	13	1	8	5	5	20	No se acepta	Se acepta
4	13	1	10	6	5	20	No se acepta	Se acepta

Fuente: FAO (2005). Propuesta para la reactivación de la cadena Agroalimentaria del maíz blanco y amarillo. Guatemala: FAO.

- (1) El grado de calidad estará determinado por el factor que se encuentre en condiciones más desfavorables conforme a ésta tabla sin tomar en cuenta el factor humedad.
- (2) El maíz elaborado de cualquier clase y tipo que no reúna los requisitos de ninguno de los granos de calidad indicados, o que por cualquier motivo se considere de calidad inferior, se designará como “calidad según muestra”.
- (3) Los valores para tales porcentajes que aparecen en el cuadro, se debe tomar como cifras de comparación en las transacciones comerciales para bonificar o castigar el precio.
- (4) Dentro de estas tolerancias máximas no se aceptará más de 4% de grano dañado por insectos (FAO, 2005).

3.5 Proceso de Cocción

La palabra “nixtamalización” se ha venido usando por unos 20 ó 30 años, como referencia al proceso alcalino de la cocción del maíz, para convertirlo en masa y de ahí a una amplia cantidad de diferentes preparaciones, entre las cuales la tortilla es posiblemente la más importante (Bressani, 1995).

El proceso es una contribución de los mayas y aztecas al mundo de la tecnología de alimentos, aunque ciertos grupos poblacionales de otras regiones han utilizado métodos alcalinos de cocción de cereales y otros productos y subproductos agrícolas. Cómo llegaron los mayas y aztecas a desarrollar esta tecnología, y por qué la aplicaron al maíz, son temas de especulación; a menos que a través de prueba y error hayan decidido que ese proceso les era apropiado desde varios puntos de vista, incluyendo aspectos nutricionales, para convertir al maíz en una forma comestible, como es la tortilla (Bressani, 1995).

Dicho proceso, de una manera u otra, contribuyó a reducir los problemas nutricionales de las poblaciones que consumen de esa forma, en comparación con poblaciones que consumen maíz procesado en forma diferente. Los estudios del estado nutricional de las poblaciones aztecas o maya no informan sobre deficiencias de ácido nicotínico que causa la pelagra, ya que el proceso de nixtamalización libera la niacina que está en forma ligada en el grano crudo de maíz y otros cereales (Bressani, 1995).

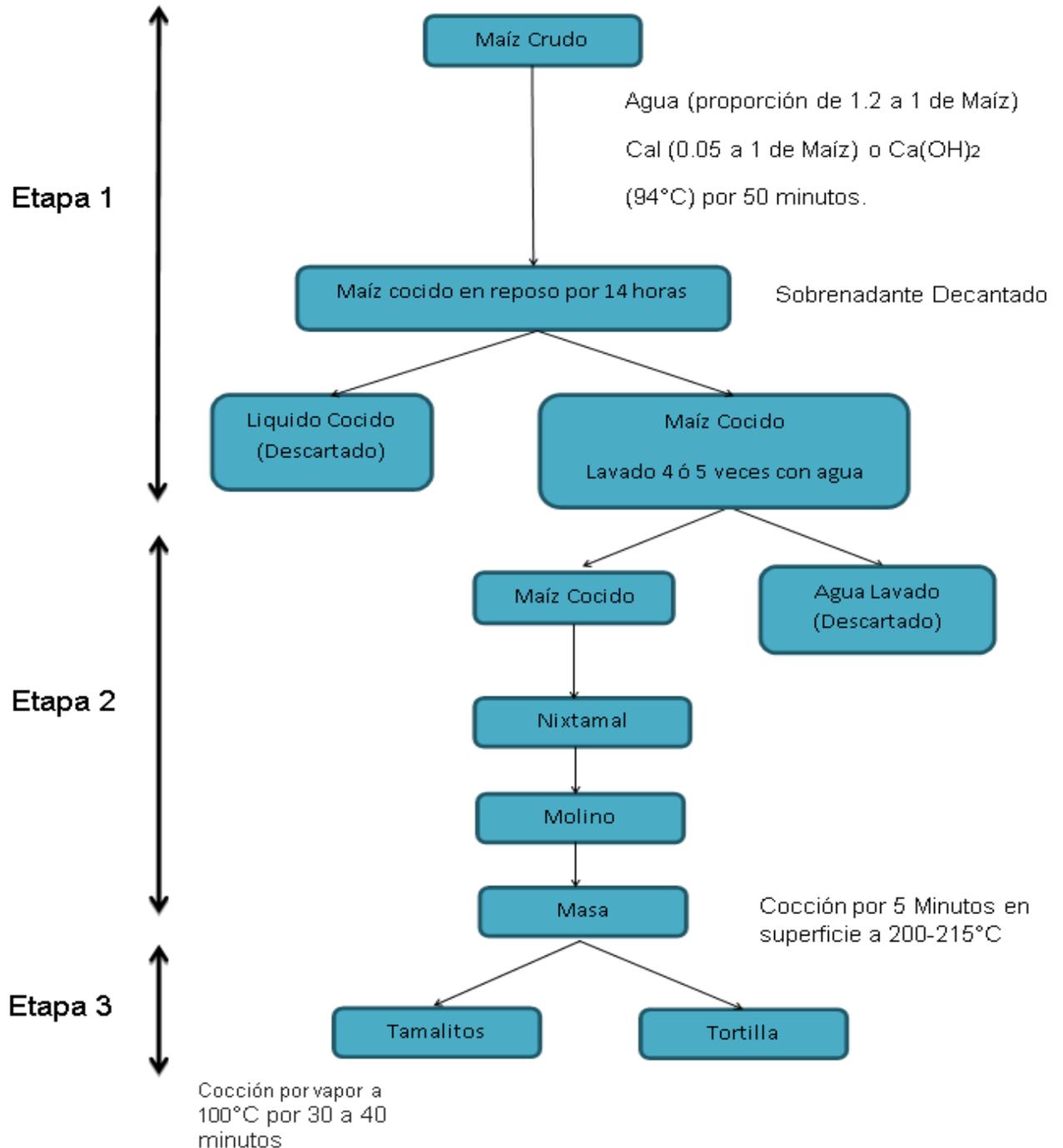
Los procesos de la preparación del maíz, para consumo humano usado por diferentes grupos humanos en América Latina, cambian según factores geográficos, culturales y socioeconómicos (Sajquim, 1993).

Para la transformación del maíz en tortilla, el grano generalmente se lava con agua, luego se adiciona agua en una proporción de 1.5 partes por una parte del grano. Al mismo tiempo se agrega $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en una cantidad que varía entre 0.4 y 1.3% con respecto al peso del maíz. El pH aumenta hasta 9.5. Después de la mezcla, el maíz se cocina de 40 a 60 minutos, hasta ebullición y luego se deja enfriar. Después de 14 a 16 horas, el maíz cocido se lava varias veces con agua, para eliminar el pericarpio y el $\text{Ca}(\text{OH})_2$, para crear el Nixtamalizado. La mayor parte de las veces está completamente sin pericarpio y sin la fracción oscura de la base del grano (Bressani, 1995).

El maíz cocido se convierte en masa fina, de la cual se toma entre 50 y 60 g para transformarla en una torta delgada que se coloca sobre una superficie caliente (180 a 210 °C), durante un total de 5-6 minutos, por ambos lados. Durante esta cocción se pierde agua como vapor, lo cual causa que una delgada capa se separe del resto del material que forma la tortilla (Bressani, 1995).

A continuación se muestra el proceso de nixtamalización y cocción del maíz:

Figura 3. Diagrama del proceso de Cocción del Maíz



Fuente: Sajquim, A.d. (1993). Efecto del Proceso de Nixtamalización de Variedades de maíz sobre propiedades Físico-Químicas y Nutricionales de la tortilla y tamalito. Guatemala.

3.6 Cambios químicos debido al procesamiento

El tratamiento alcalino, le confiere al maíz un sabor y textura que no pueden ser imitados por otros procesos. La conversión de maíz a tortilla, implica un proceso, donde el agua y calor e hidróxido de calcio son usados. Estos tres factores influyen sobre la composición química de los productos del procesamiento del maíz. El tratamiento con cal a 96°C por 55 minutos, hidroliza el pericarpio, el cual es removido durante el lavado, este es responsable por la reducción en el contenido de fibra cruda (Sajquim, 1993).

Varios estudios indican que la tortilla, presenta un contenido ligeramente mayor de proteína que el maíz original, sobre una base equivalente de humedad. Esto se debe a un efecto de concentración, causado por la pérdida de azúcar soluble del grano (Sajquim, 1993).

El contenido de cenizas, se incrementa debido a la absorción de la cal, la cual induce a incremento significativo en el contenido de calcio; también ocurren pérdidas significantes en la tiamina (52-72%), riboflavina (28-54%) y niacina (28-36%) (Sajquím, 1993).

Grasa y Ácidos grasos

Se establece que el total de lípidos parcialmente emulsificados en la masa es de 20-50%. Los valores del extracto etéreo, son de 5%, 3.1% y 3.6% en el maíz crudo, maíz cocido y la tortilla respectivamente, con un cambio apropiado de un 28%. Estas pérdidas no fueron completamente explicadas, sin embargo, esto es posiblemente el resultado de la pérdida de la capa de aleurona y parte del germen y la pérdida de otras sustancias solubles en éter, que no necesariamente son grasas (Sajquím, 1993).

Cenizas

Existe un incremento en el contenido total de cenizas, del maíz a tortilla, debido al uso de la cal, para la cocción del maíz (Sajquim, 1993).

El contenido de fósforo, se incrementa de maíz a tortilla. Un aspecto el cual es de interés nutricional, es la proporción de calcio a fósforo, el cual es de 1 a 20 en el maíz y aproximadamente de 1 a 1 en la tortilla (Sajquím, 1993).

Carbohidratos

El maíz contiene cantidades pequeñas de carbohidratos solubles, que se pierden en un 5%, durante el proceso alcalino de cocción. El contenido de azúcar, en el maíz es de 2.4%, el cual disminuye a 0.35% en la tortilla (Sajquím, 1993).

Proteínas y Aminoácidos

El proceso alcalino induce a cambios importantes. La mayor parte de estudios reportan un pequeño incremento en el contenido de nitrógeno, el cual es debido a los efectos de concentración. La fracción más afectada por el proceso, es la fracción de prolaminas. La fracción insoluble del nitrógeno, se incrementa de 9.4% en el maíz a 61.7% en las tortillas (Sajquím, 1993).

Vitaminas

Después del cocimiento con cal, el endospermo contiene cerca de un 68% del total de niacina y el germen cerca de un 5.5%. Ellos establecen que del total de niacina, 68.5% es extraída con agua del grano de maíz crudo y 76% del maíz cocinado con cal (Sajquím, 1993).

3.7 Otras observaciones del proceso de nixtamalización

Tal como se mencionó anteriormente el proceso de nixtamalización induce cambios estructurales, químicos, funcionales y nutricionales en el maíz. Uno de los efectos más importantes es que el proceso logra el descascarado del grano de maíz. La penetración del agua caliente que acarrea iones de calcio, afecta la pared celular, la lamela media, e induce gelatinización parcial del almidón y un aumento significativo en la insolubilidad de las proteínas, en particular de las prolaminas. Mucho del calcio se queda en el pericarpio, pero cantidades altas penetran en la estructura del endospermo y esto está asociado a la cantidad de cal utilizada, la cual influye sobre el pH. Además enriquece el grano con calcio y mejora la relación Ca/P, otros minerales son incrementados, como Mg, Fe y Zn.

El proceso reduce la fibra dietética insoluble y aumenta la fibra diabética soluble. Asimismo, favorece la disponibilidad de la niacina, que no es biodisponible en el maíz, con lo cual se evita el desarrollo de pelagra. El proceso no afecta la calidad de la proteína ni de carbohidratos. Existe alguna información que indica que el proceso alcalino de cocción reduce los niveles de aflatoxina, aunque el nivel inicial de esas sustancias en el maíz crudo juega un papel importante. Existe suficiente evidencia que indica muy poca o nada de formación de lisinoalanina, y posiblemente por el pH alcalino en el producto final, ayuda a extender la vida de anaquel de la harina, reduciendo el desarrollo de acidez de la grasa (Bressani, 1995).

Finalmente, las harinas nixtamalizadas de maíz han servido para el desarrollo de otros productos en sustitución parcial de la harina de trigo, además de las múltiples preparaciones culinarias, como tamales, tamalitos, tacos, botanas, bebidas frías y calientes y muchas más. Un problema que ha recibido atención pero que no ha sido completamente resuelto es la conservación en fresco de la tortilla para facilitar su

comercialización, debido a que por el alto contenido de agua y alta actividad acuosa, es muy susceptible al deterioro microbiológico (Bressani, 1995).

3.8 Nixtamalización de otros cereales

El proceso alcalino de cocción no ha sido aplicado extensamente al procesamiento de otros cereales. Sin embargo, existen informaciones sobre la nixtamalización del sorgo, ya que este cereal se consume como la tortilla de maíz en algunos países de América Central. Algunos estudios se han realizado en frijol soya, así como también en amaranto y un poco menos de arroz. En términos generales se concluye que la nixtamalización es aplicable a otros cereales, siempre y cuando se tome en consideración el tiempo de cocción y la concentración de cal, principalmente (Bressani, 1995).

3.9 Alimentos de harina de maíz nixtamalizado

De la masa de maíz producida por nixtamalización se elabora una gran cantidad de alimentos además de la tortilla, los tamalitos, tamales, tacos, botanas, atoles, sopas, galletas, ingredientes para salsa, entre otros. La mayor parte son exclusivamente preparación con 100% de masa de maíz nixtamalizado, sin embargo, otros productos han sido desarrollados con harina nixtamalizada de maíz. Entre esos se mencionan aquellos que han sido analizados con más detalle, como la Incaparina, el Maisoy y los atoles con 7.8% de harina de soya o de leche descremada (Bressani, 1995).

3.10 Reducción de Aflatoxina con el proceso de nixtamalizado

Las aflatoxinas son un grupo de sustancias producidas por algunos hongos en pequeña cantidad, como metabolitos secundarios. Pertenecen al grupo de las micotoxinas (University, 2009).

Son de gran importancia en la industria de cereales almacenados, ya que su potencial de toxicidad es muy elevado, pueden provocar la muerte de cualquier ser vivo que consuma algún cereal infectado con alguna de las toxinas conocidas (University, 2009).

Estudios también revelaron que hay cuatro aflatoxinas principales:

- Aflatoxina B₁ & B₂: producida por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*.
- Aflatoxina G₁ & G₂: producida por *Aspergillus parasiticus*.
- Aflatoxina M₁: metabolito de la Aflatoxina B₁ en humanos y en animales

Las aflatoxinas se consideran como productos metabólicos secundarios, es decir que no tienen una función directa en el metabolismo vital fisiológico del moho sino parecen ser un factor de defensa para un medio hostil (University, 2009).

En los productos agrícolas

Las aflatoxinas se producen con frecuencia en los cultivos en el campo antes de la cosecha. La contaminación puede ocurrir después de la cosecha si el secado se retrasa, y durante el almacenamiento de la cosecha, si el agua excede los valores críticos para el crecimiento de moho. Infestaciones de insectos y roedores facilitan la invasión de moho de algunos productos almacenados (University, 2009).

El proceso de nixtamalización, cuya alcalinidad parece destruir en gran parte las aflatoxinas presentes en el maíz. Se ha demostrado que la nixtamalización tradicional es capaz de destruir 85% de la aflatoxina presente en el maíz y que 15% de aflatoxina remanente en masa no conserva sus propiedades de fluorescencia, pero puede reconocerse por los anticuerpos monoclonales utilizados para su detección. Estudios recientes realizados por Méndez-Albore y colaboradores, han demostrado que la nixtamalización tradicional puede reducir las concentraciones de aflatoxina en 94%, incluso en maíz altamente contaminado. Los mismos autores, en evaluaciones del proceso de extrusión y del proceso de nixtamalización ecológica, encontraron reducciones respectivas de 46 y 78% (Anguiano, Verver y Guzmán, 2005).

Cuadro 4: Efecto de la Nixtamalización sobre la Aflatoxina

**EFFECTO DE LA NIXTAMALIZACIÓN TRADICIONAL
SOBRE AFLATOXINA EN MAÍZ NATURALMENTE
CONTAMINADO PROVENIENTE DEL ESTADO
DE TAMAULIPAS, MÉXICO, 2001**

Maíz blanco	Nivel de aflatoxina B1 *		Nivel de aflatoxicol*	
	µg/g	µg/kg	µg/50g	µg/kg
Grano	35.0	699.0a	21.0	421.0
Grano-nixtamalizado (masa)	1.3	26.0b	6.5	129.0
Efectividad de la nixtamalización %	96.0	96.0	70.0	70.0

* Los valores son promedio de 10 determinaciones en cada tratamiento
Análisis estadístico de datos transformados (Log + 1)
Coeficiente de variación=37.7%

Nota: los valores con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes

Fuente: Center, I.M. (1986). Aflatoxin in Maize: A Proceeding Of the workshop. El Batán, México.

Cuadro 5: Efecto de la Nixtamalización sobre la Aflatoxina

EFFECTO DE LA NIXTAMALIZACIÓN TRADICIONAL SOBRE AFLATOXINA EN MAÍZ NATURALMENTE CONTAMINADO, 2002

Maíz blanco	Nivel de aflatoxina B ₁ *		Nivel de aflatoxicol *	
	µg/50g	µg/kg	µg/50g	µg/kg
Grano	26.0	520.0a	8.7	175.0
Grano-nixtamalizado (masa)	1.8	36.0b	0.2	5.1
Efectividad de la nixtamalización %	93.0	93.0	95.0	95.0

* Los valores son promedio de 10 determinaciones en cada tratamiento
Análisis estadístico de datos transformados (Log + 1)
Coeficiente de variación=37.7%

Nota: los valores con letra diferente en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey $p=0.05$)

Fuente: Center, I.M. (1986). Aflatoxin in Maize: A proceeding of the workshop. El Batán, México.

3.11 Reducción de Fumonisinas con el proceso de nixtamalizado

Las fumonisinas son un grupo de micotoxinas caracterizado recientemente, producidas por *F. moniliforme*, un moho presente en todo el mundo y que se encuentra con frecuencia en el maíz (IARC, 1993d). Se ha comunicado la presencia de fumonisina B₁ en maíz y sus productos en diversas regiones agroclimáticas de países como: Estados Unidos, Canadá, Uruguay, Brasil, Sudáfrica, Austria, Italia y Francia. La producción de toxinas es particularmente frecuente cuando el maíz se cultiva en condiciones calurosas y secas (FAO).

La actividad de agua mínima para el crecimiento de *F. moniliforme* es 0,87; el límite máximo registrado es superior a 0,99. Las temperaturas de crecimiento mínima, óptima y máxima son 2,5 a 5,0; 22,5 a 27,5 y 32,0 a 37,0°C, respectivamente. No existe información sobre las condiciones necesarias para la producción de fumonisina B₁ (FAO).

La exposición a la fumonisina B₁ (FB1) del maíz produce leucoencefalomalacia, LEM, en ganado equino y edema pulmonar en ganado porcino. Se han registrado casos de LEM en numerosos países, entre ellos: Estados Unidos, Argentina, Brasil, Egipto, Sudáfrica y China. La FB1 produce también efectos tóxicos en el sistema nervioso central, hígado, páncreas, riñones y pulmones de varias especies de animales (FAO).

La presencia de fumonisinas en maíz se ha relacionado con casos de cáncer de esófago en habitantes de la zona de Transkei, África austral y China. Se ha estudiado la relación entre la exposición a *F. moniliforme*, en maíz de producción doméstica, y la incidencia de cáncer de esófago en la zona de Transkei durante el decenio 1976-86 (Rheeder *et al.*, 1992). El porcentaje de granos infectados por *F. moniliforme* fue significativamente mayor en la zona de alto riesgo de cáncer durante todo el período, y las concentraciones de FB1 y FB2 fueron significativamente mayores en maíz mohoso obtenido de zonas de alto riesgo en 1986 (FAO).

Anteriormente, una evaluación del Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC) había llegado a la conclusión, que se habían obtenido en estudios con animales de experimentación pruebas suficientes de la carcinogenicidad de cultivos de *F. moniliforme* con alto contenido de fumonisinas; sin embargo, los experimentos con animales habían proporcionado pocas pruebas de la carcinogenicidad de la fumonisina B₁ (IARC, 1993d). No obstante, el Programa Nacional de Toxicología del Departamento de Salud y Servicios Sociales de los Estados Unidos ha comunicado los resultados de un estudio concluido recientemente sobre la toxicidad y carcinogenicidad de la fumonisina B₁ (NTP, 1999). Aunque está aún en la fase de redacción, el informe llega a la conclusión de que existen pruebas claras de la actividad cancerígena de la fumonisina B₁ en ratas F344/N machos, basadas en el aumento de la aparición de neoplasmas en túbulos renales y que existen también pruebas evidentes de la actividad cancerígena de la fumonisina B₁ en ratones B6C3F₁ hembras, basadas en el aumento de la aparición de neoplasmas hepatocelulares. No existen pruebas de la actividad cancerígena de la fumonisina B₁ en ratas hembras o ratones machos (FAO).

En la preparación de la tortilla, el maíz se trata con cal para realizar la nixtamalización, al producir la hidrolización de la FB1, debido a la pérdida de las cadenas de ácido tricarbálico. Estudios realizados en el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá, INCAP, determinaron lo siguiente:

- El proceso utilizado por las comunidades mayas reduce las fumonisinas totales.
- Los pasos en el proceso de reducción de la cual se producen las tortillas preparadas por un proceso tradicional que contiene FB1, FB2 y FB3 y sus

contrapartes hidrolizadas. Había cantidades equimolares de FB1 y HFB1 (FB1 hidrolizadas), en las tortillas, pero las fumonisinas totales se redujeron 50%. El total de FB1 más HFB1 en los lavados de agua residual de cal y el agua del nixtamal representaron el 50% del total de FB1 en el maíz crudo. El agua de lavado contenía 11% de la FB1 que estaba en el maíz sin cocer (INCAP, 2003).

Estudios realizados en Patzicía, Chimaltenango y en Santa María de Jesús, Sacatepéquez en el interior del país de Guatemala, han demostrado que el uso de la nixtamalización reduce la fumonisina en la tortilla de maíz. La fumonisina FB1 y aminopentol AP1, fueron encontrados en las tortillas de ambas comunidades. La media de FB1 contenidos en las tortillas de cada una de las dos comunidades no fue estadísticamente diferente. El contenido de fumonisinas fue indetectable en ambos estudios (Protection, 1999).

IV. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Elaborar una guía del proceso de nixtamalización para la industria tortillera guatemalteca, para brindar el conocimiento de las ventajas que proporciona la realización de la misma y establecer parámetros de optimización para la estandarización de la producción.

4.2 Objetivos Específicos

- i. Identificar y estandarizar los factores de control en el proceso de nixtamalización en un documento guía.
- ii. Conocer las normas instituidas por el Ministerio de Economía de Guatemala relacionadas con el proceso de nixtamalización, para su aplicación en un documento guía para la industria tortillera.
- iii. Diseñar la estructura de una guía para la elaboración del proceso de nixtamalizado.

V. METODOLOGÍA

Para la elaboración de la Guía del proceso de nixtamalización de maíz blanco, se realizaron visitas a dos empresas tortilleras en Guatemala, en donde se observó el proceso completo de nixtamalización que actualmente utiliza cada una de ellas y las diferencias en su producción, se utilizó el formato que se presenta en el Anexo 1.

Se utilizó la técnica de análisis bibliográfico, a través de la recopilación de fuentes documentales como: libros, informes y textos elaborados por otros investigadores, para el manejo de los términos relacionados con el tema. Se consultó la página electrónica y se revisó La Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 047 “Maíz en grano – maíz elaborado” y la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 052 h2, de la Comisión Guatemalteca de Normas, del Ministerio de Economía; lo que permitió conocer la clasificación, designación y grados de calidad del maíz nacional. Así como el contenido máximo de aflatoxina en el maíz. Los requisitos indicados en las Normas COGUANOR, no se han implementado en un alto porcentaje de empresas de la industria de la tortilla a nivel nacional.

También se utilizaron instrumentos metodológicos. Se realizó una guía de entrevista con 8 preguntas para determinar lo siguiente: procedimientos utilizados en la nixtamalización en cada empresa tortillera, grado de interés que se le da al proceso para la estandarización de la producción y capacitación que se imparte al personal. Lo anterior permitió la evaluación técnica de la información y el análisis de la misma, para la elaboración del documento guía que se espera será de utilidad a las empresas tortilleras, las cuales serán favorecidas con el control del proceso de nixtamalización y la estandarización de su producción.

VI. RESULTADOS

6.1 Resultados

En la realización del trabajo de investigación se observó que algunas empresas tortilleras en Guatemala, realizan el proceso de nixtamalización de forma empírica, sin la capacitación adecuada del personal; ya que quien ha preparado al encargado de dicho proceso, ha sido el jefe inmediato, el que ha trasladado la información que consideró necesaria pero, sin parámetros establecidos y sin un debido control del mismo. Por ello existen variaciones en el tiempo de reposo, una empresa lo hace de 14 a 15 horas y la otra más de 15 horas; el lavado, es realizado dos veces en una empresa y en la otra lo lavan las veces que consideran necesarias.

El proceso de nixtamalización es similar en las dos empresas visitadas, las cuales únicamente se rigen en la producción y tiempo disponible para la entrega de la misma. Así como, en la cantidad de cal y agua caliente que utilizan, las cuales son de acuerdo al lote producido.

Cabe mencionar que solo una empresa cuenta con un cuadro de control que le permite registrar la producción diaria pero, ninguna posee un documento que les guíe en cuanto al proceso ideal de nixtamalización, que les permita tener el control del mismo y que contribuya a estandarizar la producción. Por ello, se elaboró una guía conforme a las normativas establecidas por la Comisión Guatemalteca de Normas del Ministerio de Economía en la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 047 y la Norma Guatemalteca Obligatoria COGUANOR 34 052 h2 para un debido proceso, de acuerdo a las necesidades identificadas, documento que puede ser utilizado por las industrias tortilleras del país.

La importancia del tiempo de cocción, reposo y lavado del maíz como factores en el proceso de nixtamalización, radica en que durante el desarrollo de los mismos, las propiedades fisicoquímicas y estructurales del maíz se ven fuertemente afectadas, provocando cambios en el grano, la masa y la tortilla producida, como: cristalinidad del grano, humedad, almidón dañado, elasticidad, color y consistencia de la masa. Asimismo, la nixtamalización determina la calidad del producto, al conservar los nutrientes necesarios en la alimentación de la población.

A continuación se presenta la Guía del Proceso de Nixtamalización de Maíz Blanco para uso de la industria tortillera nacional.



GUÍA DEL PROCESO DE NIXTAMALIZACIÓN DE MAÍZ BLANCO EN LA INDUSTRIA TORTILLERA NACIONAL

Ariel José Dávila Jirón

Guatemala, noviembre 2016

Índice

Objetivo	1
Alcance	1
Personal Involucrado	1
Desarrollo.....	1
Guía para el encargado del proceso de nixtamalizado.....	2
Estructura de la guía para el proceso de nixtamalizado.....	4
Anexos.....	5

1. Objetivos

- Proporcionar un procedimiento de nixtamalizado estandarizado para el área industrial, con el fin de mejorar el rendimiento del proceso.
- Que las empresas productoras de tortillas de maíz, conozcan las ventajas de la nixtamalización, con el fin de mejorar el rendimiento del proceso y la calidad nutricional del producto.

2. Alcance

Todo lo establecido en la guía está enfocado hacia las tortillerías nacionales que realizan el proceso de nixtamalizado industrial.

3. Personal Involucrado

Personal: Encargados del proceso de nixtamalizado

4. Desarrollo del proceso

4.1 Área de responsabilidad

Gerente de producción, Gerente de aseguramiento de la calidad y encargados del proceso.

4.2 Material y Equipo

- Báscula
- Cocedores
- Depósitos para trasladar el producto terminado
- Agua
- Cal
- Fósforo o mechero
- Paleta mezcladora
- Cofia o Redecilla
- Tapa bocas (de ser necesaria)
- Gabacha

5. Guía para el encargado del área del proceso de nixtamalizado

5.1 Pesar el maíz: Es necesario pesar la materia prima, para estandarizar las medidas de agua y cal que se utilizarán en los pasos posteriores. Utilizar más agua o cal de la debida, altera los resultados deseados.



5.2 Cocción: Este paso necesita mayor control, ya que garantiza el punto ideal del maíz, para la elaboración de las tortillas. Se le agrega agua en proporción de 1.2 a 1 porción de maíz, hasta que el maíz quede completamente sumergido; luego se le agrega cal en proporción de 0.05 a 1 porción de maíz. Se calienta hasta 94°C o hasta el punto de ebullición por 50 minutos. El resultado es el Nixtamal.



Observar que el grano de maíz haya perdido su cáscara, de no ser así, se agregó muy poca cal al proceso o la temperatura no fue la adecuada. Si el grano se observa de color muy amarillo, se agregó mucha cal y si el grano no se logra cocer en su totalidad y está muy duro, significa que no se agregó suficiente agua. Anexos 1 y 2

5.3 Reposo del Nixtamal: Una vez obtenido el Nixtamal se deja reposar por 14 horas con suficiente agua para que el grano absorba la misma y se hidrate. Para comprobar si los pasos anteriores fueron exitosos, el grano se puede frotar entre los dedos y si éste desprende la cáscara fácilmente se garantiza el resultado deseado. Anexo 1



5.4 Lavado del Nixtamal: El Nixtamal es lavado y enfriado con agua y al mismo tiempo se elimina el nejayote o agua alcalina; se repite el proceso 4 a 5 veces, hasta que no haya presencia de cal y otras sustancias. Después de este paso, el maíz está listo para la molienda y fabricación de la tortilla.

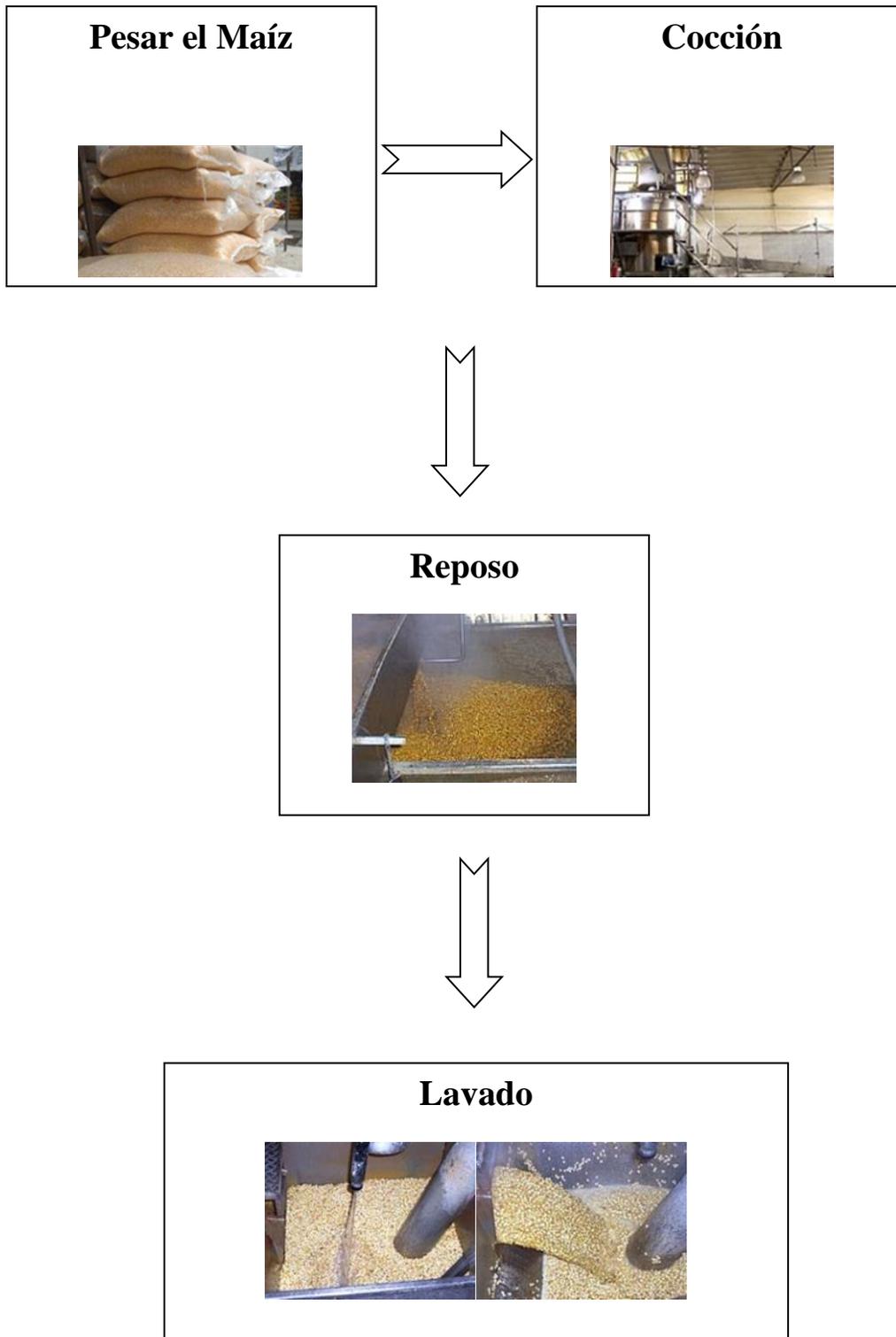


Es muy importante el uso de medidas y tiempos estandarizados para el proceso de nixtamalizado, ya que al realizar éste al tanteo varían los resultados de los lotes producidos y por ende del producto final.

La carencia de un proceso regulado afecta tanto a las tortillerías industriales nacionales como a las tortillerías artesanales, por lo que se recomienda lo siguiente:

- Utilizar cuadros de control en el área de cocimiento para llevar un registro de la hora de inicio y finalización del proceso.
- Utilizar un cronómetro para llevar el control del tiempo del proceso.
- Utilizar una báscula para pesar el maíz antes de iniciar el proceso de nixtamalizado, para agregar la misma cantidad de maíz en las marmitas.
- Utilizar un mismo recipiente para agregar la cal al maíz.

Estructura de la Guía para el Proceso de Nixtamalizado



VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados recopilados en el presente estudio se obtuvieron de la observación del proceso de nixtamalización en dos empresas tortilleras de Guatemala, en el entendido que: el proceso de nixtamalización mejora la calidad nutricional y digestibilidad del maíz (Castillo, Ochoa, Figueroa, Delgado, Gallegos y Morales, 2009), por lo que es necesario que el mismo se realice en forma eficiente, para el mejor aprovechamiento en la industria tortillera.

Cabe destacar que se utilizó la misma cantidad y calidad de maíz, cal, agua y el mismo tiempo de cocción, por lo que no hubo diferencia en el pericarpio hidrolizado, el reblandecimiento del endospermo, ni en el color del grano. Con el conocimiento que una masa sobre-cocida será altamente adhesiva; una masa cruda presenta baja cohesión y da lugar a tortillas de mala calidad (Bello, Osorio, Agama, Núñez y Paredes, 2002) y que mucho almidón gelatinizado debido a un cocimiento excesivo, produce una masa pegajosa que es difícil de manejar. Por otro lado, poco cocimiento produce una masa sin cohesividad que da origen a tortillas de textura inadecuada y que la molienda por sí misma no puede ser utilizada para gelatinizar el almidón en un nixtamal que no fue bien cocido (Rooney y Suhendro, 1999).

El tiempo de reposo que se lleva a cabo en el proceso de nixtamalización, es importante para la mayor absorción del calcio al interior del grano de maíz y para una mayor biodisponibilidad del mismo, controla la actividad microbiana, mejora el sabor, aroma, color, vida en anaquel y el valor nutricional de las tortillas (Rooney, 1993). Se notó que al permanecer más de 15 horas en reposo y debido a la alta humedad, el maíz se fermentó, lo cual afectó la calidad, sabor y tiempo de vida de la tortilla. Por otro lado, al disminuir el tiempo de reposo a 14 horas, la tortilla se volvió más firme y con más tiempo de vida.

La influencia del lavado del maíz para eliminar el pH alcalino del nixtamal, se evidenció al lavar cuatro veces el grano, en lugar de dos veces. Eso ayudó a disminuir la concentración de cal absorbida durante la cocción; por consiguiente, se obtuvo un pH más bajo, además de la eliminación de cubiertas seminales e impurezas del grano; mejor hidratación, rolabilidad, textura y consistencia en el producto final.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se elaboró una guía para el proceso de nixtamalización tanto para la industria tortillera a gran escala, como para las tortillerías artesanales, la guía facilita el proceso y proporciona estándares para la elaboración del nixtamalizado.
2. El tiempo de cocimiento, reposo y el lavado del maíz son factores de control que determinan un adecuado proceso de nixtamalización, por lo que deben estandarizarse, en un documento guía, para todas las empresas tortilleras del país.
3. Las normativas instituidas por el Ministerio de Economía de Guatemala, contempladas en las Normas Guatemaltecas Obligatorias COGUANOR 37 047 y COGUANOR 37 052 h2, permiten el control del proceso de nixtamalización, la estandarización de la producción y proporcionan mejor calidad de vida para los guatemaltecos consumidores de la tortilla, por lo que es necesario que sean aplicadas en todas las empresas tortilleras del país.
4. Se diseñó la estructura de la guía para la elaboración del proceso de nixtamalización, para que las personas que la utilicen, sigan el orden adecuado hacia la optimización de recursos y calidad de producción.

IX. RECOMENDACIONES

1. Que el personal encargado del proceso de nixtamalizado de cada empresa tortillera del país, sea capacitado por el gerente de producción, para la realización del proceso de nixtamalización y que conozca de las normas guatemaltecas relacionadas con el tema, a fin de realizar con eficiencia sus labores y mejorar la calidad y cantidad de producción de tortillas.
2. Continuar con el estudio del proceso de nixtamalización, el cual ofrece muchas ventajas para la fabricación de la tortilla de maíz y otros productos de consumo masivo en Guatemala.
3. Dar a conocer el contenido de esta guía, en portales universitarios, y sitios web, ya que proporciona conocimientos y lineamientos de las ventajas de realizar el proceso de nixtamalización en forma adecuada.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Anguiano-Ruvalcaba, G., Verver, A., Guzmán-De Peña, D. (2005). *Inactivación de Aflatoxina B1 y Aflatoxicol por Nixtamalización tradicional del maíz y su regeneración por acidificación de la masa*. Salud Pública de México, Vol. 47 No. 5. Cuernavaca, México.
2. Bello-Pérez Luis, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., NúñezSantiago, C., & Paredes-López, O. (2002). *Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado*. Agrociencia, 36, 319–328.
3. Bressani, R. (1995). La Nixtamalización del Maíz. *Publicación INCAP PCE/041*, 64-82.
4. Castillo, V. K. C., Ochoa, M. L. A., Figueroa, C. J. D., Delgado, L. E., Gallegos, I. J. A., & Morales, C. J. (2009). *Efecto de la concentración de hidróxido de calcio y tiempo de cocción del grano de maíz (Zea mays L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas y reológicas del nixtamal*. Archivos Latinoamericanos De Nutrición, 59 (4), 425–432.
5. Calidra, G. (2010). *Nixtamalización*. Recuperado el 9 de 8 de 2012, de <http://calidra.com/usodelacal/nixtamalización>
6. Cárdenas, D. J. (2004). *Importancia del proceso tradicional de nixtamalización*. Recuperado el 12 de 8 de 2012, de <http://www.maiztortilla.com/es/introduccion/importancia-proceso.htm>
7. Center, I. M. (1986). *Aflatoxin in Maize: A proceeding of the workshop*. El Batán, México.
8. Dorigoni, M. R. (2010). *Efecto de la cal y las cenizas utilizadas en la nixtamalización del maíz, sobre características químicas, físicas y sensoriales de la tortilla*. Guatemala.
9. Eroski, F. (20 de 11 de 2007). *Eroski Consumer*. Recuperado el 8 de 7 de 2012, de http://www.consumer.es/web/es/alimentación/aprender_a_comer_bien/curiosidades/2007/11/19/171936.php
10. FAO. (2005). *Propuesta para la Reactivación de la Cadena Agroalimentaria del maíz blanco y amarillo*. Guatemala: FAO.

11. FAO. (s.f.). *Micotoxinas de importancia mundial*. Recuperado el 3 de 8 de 2012, de <http://www.fao.org/docrep/005/Y1390S/y1390s04.htm>
12. INCAP. (2003). Total Fumonisin are reduced in tortillas using the traditional Nixtamalization method of Mayan communities. *Nutrient Interactions and Toxicity Research Communication*.
13. InfoAgro. (2005). *Industria de los Cereales y Derivados*. Recuperado el 3 de 8 de 2012, de <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
14. Institute, W.F. (1964). *Wheat Flour Institute*. Chicaco, Illinois.
15. Nordeste, U. N. (2001). *Sexualidad y Prefloración*. Recuperado el 20 de 8 de 2012, de http://www.biología.edu.ar/botanica/tema5/5_1sexualidad.htm
16. Núñez, P. (2009). *Sol del Maíz*. Recuperado el 4 de 8 de 2012, de <http://www.soldelmaíz.com.ar/nixtamalización.html>
17. Ortiz, N. (16 de 3 de 2012). *Nuffic Neso Mexico*. Recuperado el 12 de 8 de 2012, de Manejo alternativo del agua residual del la nixtamalización para producción de biogás y su reúso en riego: http://www.nesomexico.org/mexican-students/informacion_en_espanol/wise-with-water/propuestas-finalistas/nestor-ortiz
18. Pliego, E. (28 de Febrero de 2011). *Suite 101*. Recuperado el 1 de Agosto de 2012, de Historia Conquista América y Colonias: <http://suite101.net/article/el-maiz-su-origen-historia-y-expansion-a41960>.
19. Protection, J. O. (1999). *Fumonisin B1, and Hydrolyzed Fomonisin B1 (AP1) in Tortillas and Nixtamalized Corn (Zea mays L.) from Two Different Geographic Locations in Guatemala*. *Journal of Food Protection*, Vol 62, No.10, 1218-1222.
20. Riva, D. I. (s.f.). *Valvanera*. Recuperado el 3 de 8 de 2012, de <http://www.valvanera.com/maiz.htm>.
21. Rooney, L.W. (1993). *Tortillas y alimentos tipo botana de maíz nixtamalizado*. Soya Noticias. Octubre-Diciembre, South Africa.
22. Rooney, L. W., and E. L. Suhendro. 1999. *Perspectives on nixtamalization (alkaline cooking) of maize for tortillas and snacks*. *Cereal Foods World* 44: 466-470.
23. Sajquím, A. D. (1993). *Efecto del Proceso de Nixtamalización de Variedades de maíz sobre propiedades Físico-Químicas y Nutricionales de la tortilla y tamalito*. Guatemala.

24. Sana, A. (4 de 8 de 2011). *Alimentación Sana*. Recuperado el 3 de 8 de 2012, de Origen del Maíz: <http://www.alimentación-sana.com.ar/informaciones/chef/madremaiz%202%20origen.htm>.
25. Social, S. D. (2010). *Prácticas seguras en el sector agroindustrial*. Recuperado el 9 de 8 de 2012, de Nixtamalización del maíz: http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/prac_chap/PS%20maíz.pdf.
26. Tierra, S. A. (2004). *Somos amigos de la tierra*. Recuperado el 2012 de 8 de 20, de http://www.somosamigosdelatierra.org/07_alimentación/maíz/maíz_01.htm
27. University, C. (26 de 3 de 2009). *Plants Poisonous to Livestock*. Recuperado el 1 de 9 de 2011, de <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/aflatoxin/aflatoxin.html>
28. Lupita. (2012). *Mis Recetas*. Recuperado el 8 de 7 de 2012, de <http://www.mis-recetas.org/trucos/mostrar/1934-nixtamalización>



Ariel José Dávila Jirón

AUTOR



MSc. María Ernestina Ardón Quezada

DIRECTORA



Dr. Rubén Daríel Velásquez Miranda

DECANO