

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ



TÍTULO DEL PROYECTO:

“Comparación y selección de estabilizantes para la formulación de harina nixtamalizada.”

RESIDENTE:

Edwin Armando Ramírez Esquinca.

NOMBRE DE LOS ASESORES INTERNOS:

Ing. Marco Antonio Mazariegos Morales.

Ing. Leonardo Gómez Gutiérrez.

Ing. Wilbert Morgan Blanco Carrillo.

ASESOR EXTERNO:

Ing. Magda Hernández del Ángel.

UBICACIÓN:

Situada en Ciudad de Cárdenas, Tabasco, Carretera. Cárdenas
Coatzacoalcos Km. 109.5 Pob. C-28. C.P. 86494

ÍNDICE.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
1.1- Antecedentes.....	1
1.2.-Justificación.	3
1.3.-Objetivo General.....	3
1.3.1.-Obejtivos Específicos.	3
1.4.- Caracterización del área de estudio.....	4
1.5.- Problemas a resolver.....	6
1.5.1.- Actividades.....	7
1.6.- Alcances y limitaciones.....	8
MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.1.- Origen del maíz.....	10
2.1.2.- Composición del grano de maíz.....	10
2.1.3. Producción y consumo de maíz.....	12
.....	13
2.1.4. Productos alimenticios del maíz.....	15
2.2. Nixtamalización.....	16
2.2.1. Elaboración de nixtamal.....	17
2.2.2. Molienda del nixtamal.....	17
2.2.3. Elaboración de las tortillas.....	18
2.2.4. Cambios del maíz durante la nixtamalización.....	19
2.2.5. Desventajas del proceso tradicional de nixtamalización. ...	22
2.3.- Proceso industrial.....	22
2.3.1.- Cocimiento y reposo.....	23
2.3.2.-Lavado.....	24

2.3.3.- Molienda.....	24
2.3.4.- Mezclado.....	26
2.3.5.- Empaquetado.....	26
.....	26
2.4.- Harina de maíz nixtamalizado.....	28
2.5. Caracterización de harinas de maíz.....	29
2.6.- Propiedades de los estabilizantes (CMC, goma guar, goma arábica y goma xanthana).....	32
2.6.1.-Carboximetilcelulosa (CMC).....	32
2.6.2.-Goma Guar.....	43
2.6.3.-Goma Xanthan.....	49
2.6.4.-Goma Arábica.....	59
3.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	70
3.1.- Caracterización de harina.....	70
3.1.1.- Color.....	70
3.1.2.- Capacidad de absorción de agua subjetiva.....	71
3.1.3.- Rendimiento de harina.....	72
3.1.4.- Humedad en harina.....	73
3.1.5.- pH.....	73
3.1.6.- Olor.....	74
3.2.- Caracterización de masa.....	75
3.2.1.- Humedad en masa.....	75
3.2.2.- Rendimiento de masa.....	76
3.3.- Caracterización de la tortilla.....	77
3.3.1.-Pérdida de peso en tortillas.....	77
3.3.2.- Olor.....	78
3.3.3.-Rendimiento de tortilla.....	78

3.3.4.- Inflado de la tortilla.	79
3.3.5.-Humedad en tortilla.	79
3.3.6.- Pegado de tortilla.	80
3.3.7.- Sabor de tortilla.	80
3.3.8.-Color de las tortillas.....	81
3.3.9.-Rolabilidad.	82
3.3.10.-Evaluación de vida útil en tortillas.....	82
4.- PRUEBAS ANALÍTICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.	83
4.1.- Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS).....	83
4.2.- Caracterización de harina producida actualmente.	83
4.3.- Análisis a nivel laboratorio de las mezclas de los estabilizantes.	84
4.4.- Análisis en Tortillería.....	86
5.- CONCLUSIÓN.	88
6. - FUENTES DE INFORMACIÓN.	89
Equipos usados durante el proyecto.....	92
Equipos en mal funcionamiento.....	93
.....	93

INTRODUCCIÓN.

1.1- Antecedentes.

Las tortillas de maíz nixtamalizado son y han sido parte fundamental de la alimentación de diferentes culturas en América. Hoy día en México son una parte básica de la dieta diaria, ya que proveen el 38.8% de proteínas, 45.2% de calorías y 49.15% del calcio que se consume diariamente en la dieta de los mexicanos (Figueroa, 1994).

La producción de tortillas, se lleva a cabo dando un tratamiento al maíz, conocido como nixtamalización. La nixtamalización produce cambios que mejoran la calidad nutricional del maíz. De acuerdo a la NOM-147-SSA1-1996. Este proceso consiste en la cocción alcalina del grano en un exceso de agua que contiene cal, y un posterior reposo. Posteriormente, el nixtamal o maíz cocido, se muele para producir masa fresca, a partir de la cual se pueden elaborar tortillas, esto es, formando una cantidad pequeña de masa como disco aplanado y cociéndola sobre un comal; o a partir de la masa es posible obtener harina de maíz nixtamalizado, si a la masa se le somete a un proceso de secado y molienda. Durante el proceso tienen lugar reacciones químicas que modifican la estructura del maíz y que influyen en las características del producto final, aumentando su calidad nutricional.

En la actualidad, el ritmo de vida ha llevado a la gente a cambiar sus costumbres alimenticias, ejemplo de ello es consumir tortillas de harina de maíz nixtamalizado, expendidas en tortillerías, o comprar la harina instantánea para elaborarlas, lo cual ahorra tiempo y esfuerzo porque únicamente es necesario rehidratar esta harina para obtener masa fresca y fabricar las tortillas.

Los industriales de la masa y la tortilla basan su proceso en el método tradicional de nixtamalización modificado ligeramente; ellos han encontrado la manera de realizar el procedimiento de forma más rápida, modificando presiones,

temperaturas, y otros factores. Sin embargo, aún con estas modificaciones siguen existiendo desventajas en el proceso; las cuales incluyen pérdida de nutrientes del nixtamal, bajo aprovechamiento de la energía calórica producida por la combustión de gas, generación de efluentes contaminantes y largos tiempos de proceso. Sin lugar a dudas, el mayor avance que se ha hecho al respecto es la obtención de la harina nixtamalizada que ahorra el procedimiento cotidiano de nixtamalización para el usuario. Sin embargo al utilizar un nuevo proceso se hace necesario la implementación de estabilizantes en el cual se tenga menor pérdida de propiedades características del producto para ello es necesario conocer la calidad con cual se obtiene el producto; lo más deseable es que no existan cambios sustanciales en las características particulares del mismo, que ya son identificadas como parámetros de calidad por el consumidor.

Estos parámetros están relacionados con la percepción sensorial y con las cualidades físicas y químicas, que son determinadas mediante técnicas establecidas. Se analizaron parámetros fisicoquímicos de las harinas y parámetros físicos y reológicos en harina, masas y tortillas. Los parámetros que se midieron son:

- En harina: color, CAAS, rendimiento de harina, humedad, pH y olor.
- En masa: humedad y rendimiento de masa.
- En tortilla: pérdida de peso, olor, rendimiento de tortilla, inflado, humedad, pegado de tortilla, sabor, color, rolabilidad y vida de anaquel.

El presente trabajo de residencia se llevó a cabo en las instalaciones de la empresa hari masa del sureste s.a. de c.v. en conjunto con el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez teniendo como propósito de la reformulación de la harina de maíz nixtamalizado. Que actualmente en dicha empresa usa carboximetilcelulosa, pero con la escases de la materia prima para obtenerla a elevado el precio del mismo por lo que se pretende encontrar un sustituto de este estabilizante.

Basados en la NOM-187-SSAISCFI-2002 los estabilizantes que pueden ser usados son la goma guar, goma arábica y la goma xanthana ingredientes que hay en el mercado para la elaboración de la harina nixtamalizada y que en este proyecto se evaluarán sus rendimientos. Comparando con respecto a precio y calidad los diferentes estabilizantes.

1.2.-Justificación.

La industria de la masa y la tortilla basan su proceso en el método tradicional de nixtamalización modificado ligeramente; ellos han encontrado la manera de realizar el procedimiento de forma más rápida, modificando presiones, temperaturas, y otros factores. Sin embargo, aún con estas modificaciones siguen existiendo desventajas en el proceso; la percepción sensorial y sus cualidades físicas y químicas, llevado a los industriales a agregar estabilizantes a la harina para tratar de minimizar las pérdidas de características peculiares de la harina.

Con la creciente escases del estabilizante carboximetilcelulosa (CMC) lo que lleva al aumento de precio de este, se ha tenido que pensar en un sustituto para la formulación de harina de maíz nixtamalizada, con el que se busca mantener la calidad o mejorarla sin afectar la economía de la empresa, haciendo comparaciones con los diferentes estabilizantes como goma guar, goma arábica y goma xanthana descrita en la norma NOM-147-SSA1-1996. Logrando así un producto de buena calidad y con buen precio para competir en el mercado de la harina nixtamalizada.

1.3.-Objetivo General.

Comparación y selección de estabilizantes para la formulación de harina nixtamalizada.

1.3.1.-Objetivos Específicos.

- Observar el desempeño de la mezcla de estabilizantes usados actualmente.
- Observar y analizar los desempeños de las nuevas mezclas de estabilizantes.
- Seleccionar la mezcla de estabilizantes más adecuada en calidad y precio.

1.4.- Caracterización del área de estudio.

hari masa del sureste, s.a. de c.v, es una organización cuyo giro es la producción y venta de harina de maíz nixtamalizado para hacer tortillas, antojitos mexicanos y frituras en general (tostadas y chips), en presentaciones de paquete de 1 kg y granel (sacos de 20 kg y 50 lb) y se encuentra ubicada en el municipio de Santa Catarina, Nuevo León, México.

Es una empresa 100% Mexicana, surgida por la iniciática de un grupo de empresarios de la industria de la masa y la tortilla en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey en el año 1999.

Inicio operaciones en marzo 2000 y desde entonces ha considerado la calidad de sus productos y servicios como esenciales para mantener la satisfacción del cliente, de la mano, con la productividad por medio de la mejora continua a los procesos.

El crecimiento en ventas, año con año, ha provocado que la capacidad instalada de la planta se incrementa de 40,000 ton/año en el 2000 a 115,000 ton/año para el año 2010.

El área de ventas es sobre todo el Noroeste de México y estamos exportando a usa. Actualmente Hari masa tiene el 15% del mercado del noroeste de México (Coahuila, nuevo león y Tamaulipas).

En el año 2010, se decidió incursionar en otras regiones de México y específicamente en el sureste de la república, surgiendo este proyecto para construir una nueva planta para elaborar harina de maíz nixtamalizado. Este proyecto considera la factibilidad comercial, técnica y financiera de la nueva planta con 1 línea de producción y a mediano y largo plazo 2 y 3 líneas más.

Se seleccionó específicamente el municipio de Cárdenas, Tabasco, México, ya que es un lugar estratégicamente ubicado en el centro de la zona que abarca los

estados de Tabasco, Campeche, Veracruz y Chiapas, cuya ubicación es más cercana en tiempo y distancia a las principales ciudades de esta región, mercado de la harina de maíz, lo que representa una nueva ventaja desde el punto de vista mercado y distribución.

También esta locación nos permite tener la cercanía de los puertos de Coatzacoalcos, Veracruz y dos Bocas, Tabasco, lo que permitiría importar materias primas por vía marítima.

Las vías de comunicación terrestre permiten comunicar al Municipio de Cárdenas hacia los 4 puntos cardinales por medio de carreteras de cuota y federales, lo que refuerza su posición estratégica en cuanto al mercado y distribución. Esta planta se construyó en terrenos a la orilla de la carretera Coatzacoalcos-Villa Hermosa en el km 109.5 y a escasos 12 km de la ciudad de Cárdenas, Tabasco. En el ejido C-28 Gregorio Méndez.

Por otra parte esta localización también nos proporciona los insumos necesarios para la planta productora a pie de carretera. Energía eléctrica (línea trifásica 33.5 kw). Gas natural (ducto de PEMEX), agua y telefonía.

La cercanía de las ciudad de Cárdenas y los poblados aledaños al ejido C-28 Gregorio Méndez, nos garantizan el abasto de diferentes insumos y servicios requeridos para la operación de una planta productora. De igual manera, tenemos la cercanía del recurso humano necesario tanto en el área administrativa como para las áreas operativas.

Este proyecto representa un polo de desarrollo para la zona por la generación de empleos directos e indirectos y el uso de insumos y servicios de la región.

Esta empresa también se encuentra preocupada por el medio ambiente, por lo que la tecnología que emplea no representa riesgo ecológico alguno, cumpliendo con la normatividad ambiental vigente en los diferentes rubros de emisiones al ambiente.

MISIÓN

Elaborar productos de calidad, a tiempo, con una excelente actitud de servicio a precios competitivos mediante bajos costos y productos fáciles de usar que incorpora satisfacción a nuestros clientes.

VISION

Ser una empresa con una sólida estructura organizacional que proporciones bienestar a sus accionistas, empleados, clientes y proveedores. Consolidar el liderazgo regional de nuestra empresa, mediante un crecimiento, calidad y mejora integral de nuestra organización, proyectando confianza en nuestro trabajo.

Ubicación de la planta Hari masa S.A. de C.V.



Situada en Ciudad de Cárdenas,
Tabasco, Carretera. Cárdenas
Coatzacoalcos Km. 109.5 Pob. C-
28. C.P. 86494

1.5.- Problemas a resolver.

Durante la realización de las pruebas de harina se presentaron dificultades, para conseguir las gomas por que los proveedores tardaban en contestar lo que nos llevó a buscar de manera externas las gomas comprándolas en pequeños establecimientos donde la usara para poder realizar las pruebas.

Otro problema fue que los equipos como el pH metro, el colorímetro y la estufa

Brabender se descompusieron y no pudimos iniciar las pruebas hasta que todos los equipos estuvieran en óptimas condiciones o llegaran nuevos a la planta.

1.5.1.- Actividades.

La primera actividad a realizar fue la investigación teórica del proceso tradicional e industrial de la nixtamalización, se consultó diversas fuentes de información: libros, artículos y páginas de internet. Posteriormente y una vez entendido el proceso que se lleva a cabo en el maíz para producir harina, se iniciaron incursiones en el laboratorio de control de calidad de la planta para conocer los parámetros de calidad que tiene Hari masa del sureste y las diferentes pruebas a las que se somete la harina para cumplir con las especificaciones del producto.

Se continuó con la investigación de análisis que ayudaran a tomar una decisión de que combinación de estabilizantes es el adecuado en relación a su costo y desempeño, para luego hacer un listado de análisis que se pueden hacer a nivel laboratorio para tomar una decisión de que mezcla proponer como sustituto.

- En harina: color, humedad y pH.

- En masa: rendimiento en harina.

- En tortilla: Apariencia, inflado, sabor, Textura y rolabilidad.

Una vez observado su comportamiento proceder a realizarla pruebas a nivel tortillería en donde se hicieron los siguientes análisis.

- En harina: color, CAAS, rendimiento de harina, humedad, pH y olor.

- En masa: humedad y rendimiento de masa.

- En tortilla: pérdida de peso, olor, rendimiento de tortilla, inflado, humedad, pegado de tortilla, sabor, color, rolabilidad y vida de anaquel.

actividad	Semana
-----------	--------

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Investigación	■	■	■													
Capacitación				■	■											
Desarrollar y valorar el desempeño de nuevos ingredientes de la fórmula						■	■	■	■							
Buscar nuevos proveedores de ingredientes, valorar su calidad y desempeño en la harina de maíz										■	■	■	■	■		
Integrar reporte de resultados															■	■

1.6.- Alcances y limitaciones.

Los alcances en este proyecto son principalmente la obtención de los productos finales, mediante la sustitución de los estabilizantes actualmente utilizados en el proceso de elaboración de harina nixtamalizada en Hari masa del sureste y con ello poder verificar si es conveniente sustituir la mezcla actual por una más económica sin perder las características de calidad actuales.

Algunas de las limitaciones que intervinieron en este proyecto fueron, la falta de apoyo de los proveedores para enviar muestras de las gomas para hacer el estudio, lo que llevo a la compra de las gomas para poder llevar acabo esta comparación. La falta de materia prima también fue una limitante porque era necesaria la selección en proceso de harina blanca sin goma, sin conservadores ni

pre proceso. Otra de las limitantes a superar fue la descompostura alternada de equipos como el pH metro, la estufa Brabender y el colorímetro Agrtron por lo que pasó mucho tiempo en que todos los equipos necesarios para comparar los estabilizantes estuvieran. Y la limitante que tomo más participación en este proyecto fue la falta de tiempo por lo que no se tuvo lo suficiente como para hacer más combinaciones entre los estabilizantes.

MARCO TEÓRICO.

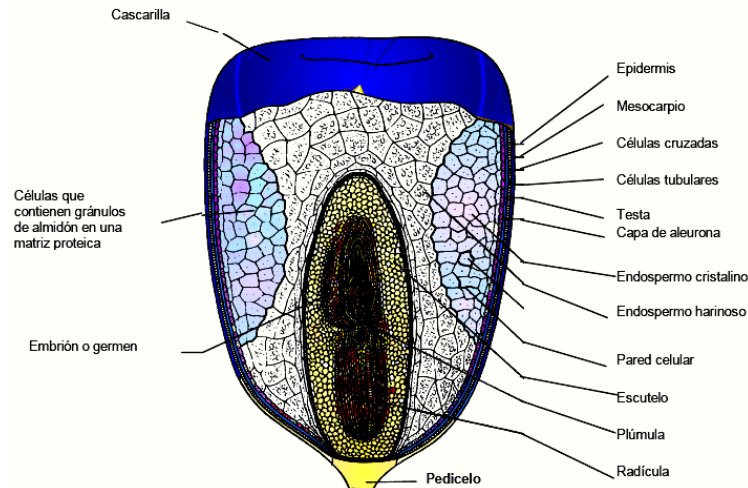
2.1.1.- Origen del maíz.

La palabra “Maíz” es de origen indio-caribeño, su significado es “lo que sustenta la vida” (FAO, 1993). Este cereal que está fuertemente ligado a nuestra cultura es uno de los más antiguos que se conocen. Su nombre científico es *Zea mays* L., pertenece a la familia de las Poáceas (Gramíneas), tribu Maydeas, y es la única especie cultivada de este género. Otras especies llamadas teosintle y las especies del género *Tripsacum* conocidas como anrocillo o maicillo son formas salvajes parientes de *Zea mays*. Se estima que el grano fue domesticado hace 4,600 años, en paralelo con otros alimentos, como el frijol, el chile y la calabaza. Con la domesticación de estos alimentos, se sentaron las bases de la actividad agrícola y con ello las grandes culturas de Mesoamérica. Actualmente, junto con el arroz y el trigo es uno de los cereales que más se produce y consume en el mundo (FAO, 1993). El origen de la planta apunta hacia México, donde se han encontrado hallazgos arqueológicos y paleobotánicos en el valle de Tehuacán que evidencian que se cultivaba maíz desde hace aproximadamente cuatro mil años (UBA, 1998).

2.1.2.- Composición del grano de maíz.

Las variedades cultivadas fundamentalmente de maíz para alimentación comprenden el maíz dulce, reventador, dentado, harinoso y cristalino. El maíz harinoso es un grano con endospermo blando que se emplea como alimento en México, Guatemala y otros países de América. El maíz de tipo dentado tiene un endospermo calloso y vítreo a los lados y el núcleo central es blando. El maíz de tipo cristalino posee un endospermo grueso, duro, vítreo, con un centro pequeño, los maíces incluidos en esta conformación son: granuloso y amiláceo (FAO, 1993).

El grano posee 4 estructuras principales: el pericarpio o cascarilla, el endospermo, el germen y la piloriza o pedicelo que es un tejido inerte que une al grano al olote (Figura 1).



Las cuatro partes principales del grano difieren considerablemente en su composición química. La distribución ponderal se resume en la Tabla 1.

Tabla 1. Distribución de las partes del grano

Estructura	Distribución ponderal
Pericarpio	5 - 6 %
Aleurona	2 - 3 %
Endospermo	80 - 85 %
Germen	10 - 12 %

Fuente: FAO, 2001.

La composición de las diferentes partes del grano de maíz se resume en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química proximal del grano de maíz

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	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	0.34	0.62	10.8

Valores dados en porcentaje. Fuente: FAO, 2001.

Es importante resaltar que los porcentajes mostrados en la Tabla anterior son una aproximación general de la composición del grano de maíz, debido a que existen diferencias en la cantidad de nutrientes entre las distintas especies: la variabilidad es debida a diferencias genéticas y ambientales. En la Tabla 3 se muestra la composición proximal de algunas variedades de maíz en porcentaje (FAO. 2012).

Tabla 3. Diferencias de composición proximal en distintos tipos de maíz

Tipo	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto etéreo	Carbohidratos
Salpor	12.2	1.2	5.8	0.8	4.1	75.9
Cristalino	10.5	1.7	10.3	2.2	5.0	70.3
Harinoso	9.6	1.7	10.7	2.2	5.4	70.4
Amiláceo	11.2	2.9	9.1	1.8	2.2	72.8
Dulce	9.5	1.5	12.9	2.9	3.9	69.3
Reventador	10.4	1.7	13.7	2.5	5.7	66.0
Negro	12.3	1.2	5.2	1.0	4.4	75.9

Fuente: Cortez y Wild Altamirano, 1972.

2.1.3. Producción y consumo de maíz.

Hoy día el maíz es el segundo cultivo del mundo por su producción, después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar. En cuanto a rendimiento tiene el mayor valor de grano por hectárea y en producción total ocupa el segundo lugar después del trigo. Se considera de gran importancia económica como alimento humano y como alimento para ganado, siendo además materia prima de un gran número de productos industriales. Otras ventajas del maíz son la diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado, la cual, es mucho mayor que la de cualquier otro cultivo. Actualmente se cultiva hasta los 58° de latitud norte en Canadá y en Rusia, y los 40° de latitud sur en Argentina y Chile. La mayor parte del maíz es cultivado a altitudes medias, pero se cultiva también por debajo del nivel del mar en las planicies del Caspio y hasta los 3 800 msnm en la cordillera de los Andes (FAO. 2012).

En América del Norte y América Central, existen elevados rendimientos por hectárea, la mayor producción de la región corresponde a Estados

Unidos, que produce cerca del 41% de la producción mundial. La Tabla 4 muestra datos de producción anual del año 2006 al 2011 para los principales países productores (FAO, 2012).

MAIZ: PRINCIPALES PAISES PRODUCTORES
(MILLONES DE TONELADAS)

PAIS	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 (Proyecto Abril 12)	PART. % 2010/11	TMAC 06/07 - 11/12
EE.UU.	267.5	331.2	307.1	332.6	316.2	313.9	40.6	3.3
CUBA	151.6	152.3	165.9	164.0	177.2	191.8	20.0	4.8
UNION EUROPEA	53.8	47.6	62.3	56.9	55.8	64.5	7.0	3.7
BRASIL	51.0	58.6	51.0	56.1	57.5	61.0	6.8	3.6
UCRANIA	6.4	7.4	11.4	10.5	11.9	22.5	1.3	28.5
ARGENTINA	22.5	22.0	15.5	23.3	23.8	22.0	2.8	(0.4)
INDIA	15.1	19.0	19.7	16.7	21.7	21.5	2.0	7.3
MEXICO	22.4	23.6	24.2	20.4	21.0	20.5	2.5	(1.7)
SUDAFRICA	7.3	13.2	12.6	13.4	10.9	12.0	1.6	10.5
CANADÁ	9.0	11.6	10.6	9.6	11.7	10.7	1.2	3.5
SUBTOTAL	606.6	686.4	680.4	703.4	707.9	740.4	85.9	4.1
OTROS PAISES	107.4	108.3	118.7	115.8	121.4	124.6	14.1	3.0
TOTAL MUNDIAL	714.0	794.7	799.2	819.2	829.0	865.0	100.0	3.9

Cada periodo comprende de octubre a septiembre del año siguiente
FUENTE: Grain World markets and trade. USDA 10 de abril del 2012

Actualmente el maíz se siembra en todos los países y es junto con el frijol un alimento fundamental. La producción del año 1998-2008 a nivel mundial y para varios países se muestra en la Tabla 5.

PAIS	SUPERFICIE COSECHADA DE MAÍZ EN MILES DE HÉCTÁREAS / AÑO											TMAC %	TOTAL EN EL PERIODO	% DEL PERIODO	PROMEDIO EN EL PERIODO	LUGAR
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008					
EUA	29,376	28,525	29,316	27,830	28,057	28,710	29,798	30,399	28,587	35,015	31,826	0.73	327,438	21%	29,767	1
CHINA	25,281	25,939	23,086	24,311	24,661	24,093	25,467	26,379	28,483	29,497	29,883	1.53	287,081	18%	26,098	2
BRASIL	10,586	11,611	11,615	12,330	11,751	12,966	12,411	11,549	12,613	13,767	14,445	2.87	135,644	9%	12,331	3
MÉXICO	7,877	7,163	7,131	7,811	7,120	7,521	7,688	6,606	7,295	7,333	7,354	-0.62	80,897	5%	7,354	4
INDIA	6,204	6,422	6,611	6,582	6,635	7,343	7,430	7,588	7,894	8,117	8,300	2.68	79,127	5%	7,193	5
NIGERIA	3,884	3,423	3,159	3,283	3,282	3,469	3,479	3,589	3,905	3,944	3,845	-0.09	39,262	2%	3,569	6
INDONESIA	3,834	3,456	3,500	3,286	3,127	3,359	3,357	3,626	3,346	3,630	4,003	0.39	38,524	2%	3,502	7
SUDÁFRICA	3,560	3,567	4,012	3,189	3,533	3,651	3,204	3,223	2,032	2,552	2,799	-2.16	35,323	2%	3,211	8
ROMANIA	3,129	3,013	3,049	2,974	2,761	3,119	3,196	2,609	2,513	2,263	2,432	-2.26	31,060	2%	2,824	9
ARGENTINA	3,185	2,515	3,089	2,816	2,420	2,323	2,339	2,783	2,447	2,838	3,412	0.63	30,167	2%	2,742	10
FILIPINAS	2,354	2,642	2,510	2,487	2,395	2,410	2,527	2,442	2,571	2,648	2,661	1.12	27,648	2%	2,513	11
TANZANIA	2,088	958	1,018	846	1,718	3,463	3,173	3,110	3,000	3,100	3,100	3.66	25,573	2%	2,325	12
RESTO	37,467	37,979	38,902	39,743	39,832	42,248	43,403	43,538	43,922	43,901	46,956	2.07	457,893	29%	41,627	
MUNDO	138,8255	137,214	136,999	137,486	137,294	144,673	147,472	147,442	148,608	158,607	161,017	1.36	1,595,636	100%	145,058	

Tabla 5. Producción de maíz en el mundo (1998-2008)

En México, los principales estados productores de maíz son: Chihuahua, Puebla y Jalisco, que producen en su mayoría maíz amarillo; y Sinaloa, Jalisco y México, que producen en su mayoría maíz blanco. La Tabla 6 muestra la producción de varios estados de México, para el periodo del 1998 al 2008.

Tabla 6. Producción en toneladas de maíz en México

ESTADO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	TMAC	TOTAL (PERIODO)	PARTICIPACION (PERIODO)	PROMEDIO
SINALOA	2,618,852	1,476,451	2,319,475	2,650,714	3,149,995	2,741,316	4,004,140	4,192,846	4,398,420	5,132,809	5,368,862	6.74	38,053,879	16.94	3,459,444
JALISCO	2,782,997	2,482,087	2,158,926	2,888,963	3,061,055	3,122,596	3,351,592	2,620,010	3,030,254	3,251,675	3,205,017	1.29	31,955,172	14.22	2,905,016
MÉXICO	1,591,534	2,193,507	1,757,710	2,284,682	1,976,788	1,923,410	1,680,872	1,211,436	1,801,331	2,002,701	1,902,019	1.63	20,325,989	9.05	1,847,817
CHIAPAS	1,755,859	2,135,550	1,887,370	1,754,130	1,858,328	2,002,592	1,353,159	1,402,833	1,592,174	1,525,578	1,625,350	-0.70	18,892,921	8.41	1,717,538
MICHOACAN	1,151,332	1,383,741	1,103,374	1,333,354	1,304,269	1,442,715	1,267,501	1,309,695	1,405,551	1,566,712	1,608,916	3.09	14,877,160	6.62	1,352,469
GUERRERO	1,132,220	1,269,519	1,181,463	1,038,965	919,054	1,209,164	1,146,194	1,195,169	1,215,411	1,304,263	1,403,046	1.97	13,014,469	5.79	1,183,134
GUANAJUATO	993,742	582,434	652,661	1,242,638	1,189,770	1,261,338	1,638,580	1,037,035	1,068,067	1,374,287	1,499,194	3.81	12,539,745	5.58	1,139,977
VERACRUZ	947,968	1,040,815	1,242,284	1,216,357	1,080,540	1,095,484	1,052,571	888,843	1,097,405	966,463	1,330,345	3.13	11,959,074	5.32	1,087,189
RESTO	5,480,207	5,142,272	5,253,643	5,724,509	4,757,958	5,902,806	6,191,225	5,480,845	6,284,5%	6,388,265	6,467,530	1.52	63,073,856	28.07	5,733,987
NACIONAL	18,454,710	17,706,376	17,556,905	20,134,312	19,297,755	20,701,420	21,685,833	19,338,713	21,893,209	23,512,752	24,410,279	2.58	224,692,264	100.00	20,426,569

Fuente:

Fuente: http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf

Tal como se observa, en México existe una producción anual de alrededor de 19 millones de toneladas, la cual no satisface la demanda interna de 23 a 31 millones de toneladas por año, por lo que se importan un promedio de 8 millones de toneladas anuales, de las cuales la mayor parte corresponden a maíz amarillo. De este se destina el 47% al sector pecuario y el 32% al almidonero; la industria harinera participa con el 12% del maíz. Las importaciones que se realizan provienen en un 99% de Estados Unidos, colocando a México como el 2do importador mundial y 1º de América Latina. En la Tabla 7, se muestran los valores reportados en los años de 2006 a 2012.

PAIS	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12 (Proyectado Abril 12)	VAR. % 11/12 v.s. 10/11	PART. % 2010/1	TMAC 06/07 - 11/12
JAPON	16.7	16.6	16.5	16.0	15.7	16.1	2.8	17.0	(0.7)
MÉXICO	8.9	9.6	7.8	8.3	8.3	10.5	27.2	9.0	3.3
COREA	8.7	9.3	7.2	8.5	8.1	8.0	(1.3)	8.8	(1.7)
EGIPTO	4.8	4.2	5.0	5.8	5.8	5.0	(13.8)	6.3	0.7
UNION EUROPEA	7.2	14.0	2.8	2.9	7.4	4.5	(38.9)	8.0	(8.9)
TAIWAN	4.3	4.5	4.5	4.5	4.2	4.3	3.3	4.5	0.1
CHINA	0.0	0.0	0.0	1.3	1.0	4.0	308.6	1.1	n.a.
COLOMBIA	3.4	3.3	3.1	3.7	3.5	3.7	5.6	3.8	1.8
IRÁN	3.3	2.9	3.6	4.3	3.5	3.5	0.0	3.8	1.2
SUBTOTAL	54.1	61.5	46.9	51.0	53.8	56.1	4.2	58.6	(0.1)
OTROS PAISES	37.4	36.8	37.0	42.0	38.1	40.1	(9.2)	41.4	0.4
TOTAL MUNDIAL	91.5	98.3	84.0	93.0	91.9	96.2	4.7	100.0	0.1

Tabla 7. Países importadores de maíz

Fuente:

http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf

Del porcentaje de consumo de maíz atribuido a la industria harinera, la mayor parte de la harina se destina a la elaboración de tortillas, las cuales, tan sólo en México representan un consumo proximal de 12 millones de toneladas por año (Acero, 2000).

2.1.4. Productos alimenticios del maíz.

El maíz se consume hervido, tostado, o sometido a diferentes procesos. En América Latina, se consume en diferentes formas, por ejemplo los granos de la mazorca cocida o asada, como ingrediente de diversos platillos, o el maíz en forma líquida, en la cual a partir de la planta se obtienen bebidas como el pinolate (harina de maíz, azúcar y agua), atole (harina con agua, leche y azúcar) y bebidas alcohólicas como las chichas que son fermentos del grano (Franco, 2004).

En los platillos se consume como materia prima de sopas, cremas y otros guisos que utilizan el grano aún fresco. En la comida mexicana su uso es amplio y tradicional de su cultura, se consume principalmente nixtamalizado, para la elaboración de tortillas, que se utilizan como acompañamiento de platillos o como base para la elaboración de otros platillos, como tacos, enchiladas, quesadillas, sopes, chilaquiles y botanas.

Actualmente, uno de los productos alimenticios industriales que ha tenido mayor relevancia, es la harina nixtamalizada para la elaboración de tortillas, la cual se obtiene a partir de los granos que son nixtamalizados, molidos y secados. La versatilidad actual de este producto ha hecho que su consumo vaya en aumento, debido a que es necesario únicamente rehidratarla para obtener masa a partir de la cual se elaboran las tortillas y por ende todos los derivados de la misma. Otras ventajas de la harina incluyen su fácil transporte y almacenamiento, así como un periodo de vida útil mayor que el de la masa fresca para hacer tortillas (Gómez M. y col., 1987; Calaveras, 2004).

Sin embargo, la industria requiere que los granos que se introducen al proceso de obtención de harina nixtamalizada cumplan con ciertas características, como: granos de endospermo duro, poco dentado, sanos, sin rajaduras ni impurezas, con una alta densidad y maduración completa entre otras (Billeb, 2001). Este requerimiento de uniformidad de la materia prima para la elaboración de la harina implica un desaprovechamiento de parte del material de partida, impactando en los costos.

2.2. Nixtamalización.

Como una definición general del término, se considera que la nixtamalización es la cocción alcalina del maíz. La nixtamalización es un método ancestral para preparar masa de maíz para tortillas (Figura 2), la palabra proviene de los vocablos náhuatl nextli, o cenizas de cal, y tamalli, que significa masa de maíz cocido.

El proceso consiste en cocer el maíz en agua con una proporción fija de cal (hidróxido de calcio) (García, 2004).



Figura 2. Método antiguo de elaboración de tortillas.

Fuente: http://www.sma.df.gob.mx/mhn/index.php?op=01hola&op01=acercade_maiz.

Se cree que la fabricación de las tortillas a partir del maíz seco inició cuando el hombre prehispánico guardó granos de la cosecha para transformarlo en una

masa con la que debió hacer las primeras tortillas. Se cree que el primer sistema que debió utilizar fue moler el maíz directamente y obtener un polvo al que, al agregar agua, podía amasar en forma de pasta, fácil de cocer. No es difícil suponer que este polvo se descomponía con facilidad. Posteriormente el hombre debió descubrir que la ceniza producida por la leña, utilizada para cocer los alimentos, sería útil debido a su composición que incluye óxido de sodio y potasio, que al mezclarse con agua se convierten en una lejía alcalina que ablanda y destruye la cáscara del grano, permitiendo un cocimiento más rápido y fácil. Finalmente, cuando se descubrió la cal viva o apagada, que al reaccionar con agua forma el hidróxido de cal, se encontró el componente químico básico de la nixtamalización. El proceso de nixtamalización hace que el maíz tome una consistencia suave que permite convertirlo con facilidad en una masa uniforme. El color que adquiere es blanco amarillento dependiendo del maíz utilizado (Véles Medina, 2004).

2.2.1. Elaboración de nixtamal.

El proceso antiguo, inicia con la limpieza del maíz; el cual se enjuaga para eliminar contaminación física, como granos podridos y objetos ajenos al mismo, enseguida se escurre y se somete a cocción con agua en relación 2:1 respecto al peso del maíz y de 1% a 2% de cal, en relación al peso del maíz. La mezcla se calienta despacio hasta que hierva, revolviendo ocasionalmente, la cocción puede durar de 20 a 40 minutos, dependiendo del maíz. Entonces se retira el recipiente del fuego, se tapa, y se deja reposar de un día para otro (8 a 14 hrs). La prueba que se realiza para saber si el maíz está en el punto exacto de cocimiento es tomar un grano y frotarlo con los dedos, si el pericarpio se desprende fácilmente, el nixtamal está listo (Rodríguez García y col., 2008).

2.2.2. Molienda del nixtamal.

El nixtamal se retira del líquido de cocimiento (nejayote), se enjuaga una o dos veces hasta que el agua salga limpia, y se escurre. La molienda se realiza de diferentes formas: utilizando instrumentos sencillos como el metate de piedra o el molino de mano, hasta equipos de mayor tecnología como el molino de piedras.

La molienda se realiza agregando al maíz un poco de agua, dando origen a la masa. La masa que es una pasta suave, se conserva en un lugar húmedo y de ella se toman las cantidades necesarias para hacer tortillas (Rodríguez García y col. 2008).

2.2.3. Elaboración de las tortillas.

La tortilla tiene forma de disco aplanado que puede formarse manualmente palmeándola, con prensas manuales o en tortilladoras automáticas, las cuales, además de formar la tortilla, la cuecen en proceso continuo (Figura 3). Para una tortilla común se necesitan aproximadamente 30 g de masa. El espesor de la tortilla varía de 1.5 a 2 mm, y el diámetro puede ir de 12 a 25 centímetros de diámetro (Rodríguez García y col., 2008). La tortilla elaborada manualmente, se cuece sobre una superficie plana, calentada por la llama producida por gas o carbón. Una buena cocción hará que se formen membranas a cada lado de la misma, permitiendo que la tortilla se infle cuando el agua contenida en la masa llegue a su evaporación.

Una vez que están cocidas, las tortillas tradicionalmente se envuelven con una pequeña manta la cual se conoce como servilleta, para conservar su calor y suavidad, enseguida se colocan dentro de una canasta conocida como tazcal. Las tortillas se consumen calientes, en volviendo otro alimento o como acompañamiento de comidas saladas. La importancia de la tortilla en México y Mesoamérica es tal que ha sido empleada en la dieta desde épocas muy remotas en diversos pueblos de la región (500 A.C. en Oaxaca), siendo parte de la cultura de muchos de los pueblos originarios de América y trascendiendo su consumo a la actualidad (Díaz del Castillo, 2005).

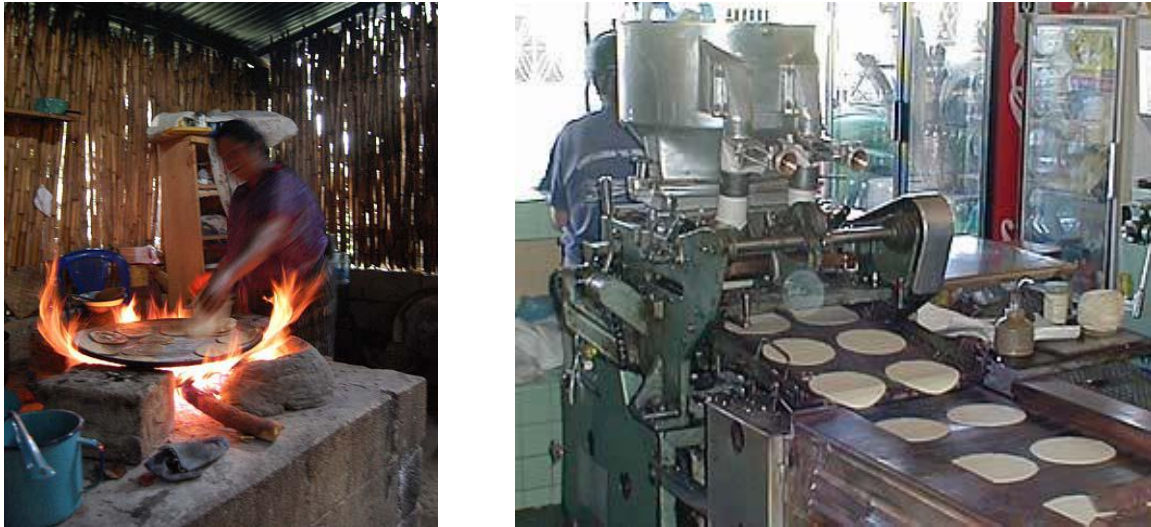


Figura 3. A) Cocimiento de tortilla tradicional. B) Cocimiento de tortillas tortilladora.

Fuente: <http://tapachula.olx.com.mx/maquinas-tortilladoras-maiz-y-trigo-amasadoras-molinos-planta-nixtamal-ekipo-panaderia-iid-8093906>.

2.2.4. Cambios del maíz durante la nixtamalización.

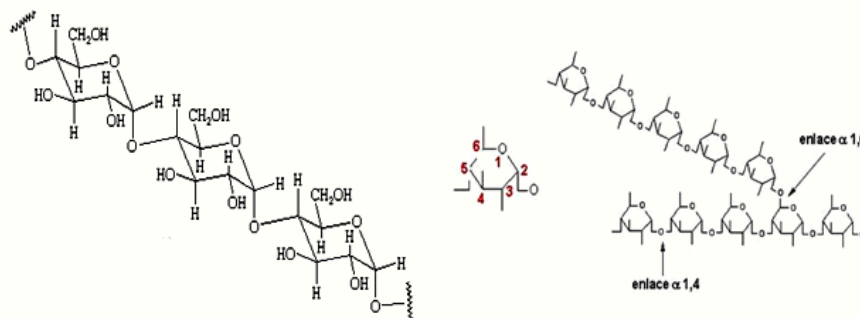
Durante el proceso de nixtamalización, se producen una serie de cambios químicos en el maíz; los cuales dan la maleabilidad a la masa y a las tortillas (Durán Domínguez, 1999).

El proceso sirve para suavizar al grano de maíz, facilitar la molienda y eliminar el pericarpio, por otro lado, se ha demostrado que durante el proceso de nixtamalización se pierden nutrientes presentes en el maíz antes del tratamiento, como es la fibra (Gómez Aldapa y col., 1996; Pflugfelder y col., 1988; Bressani y Scrimshaw, 1958), y se producen cambios químicos que hacen que el valor nutricional aumente, de este modo, las tortillas tienen mayor calidad nutricional comparadas con el maíz crudo. En el proceso, se realiza un tratamiento selectivo de las proteínas del maíz; modificando su disponibilidad, tal es el caso de la Zeína, que es una proteína de bajo valor nutricional presente en gran cantidad en el maíz, la cual reduce su solubilidad durante la nixtamalización, contrario a ello, la Glutelina (proteína de mejor calidad nutritiva), incrementa su solubilidad y por

ende la disponibilidad de aminoácidos esenciales presentes en ella (Martínez Flores y col., 2002). Otros cambios atribuidos a la nixtamalización, que se reportan son: aumento de hasta 2.8 veces del aminoácido lisina, aumento de disponibilidad de triptófano y aumento en la relación de isoleucina a leucina (Kartz y col., 1974; Bressani y Scrimshaw 1958). Además, la nixtamalización aumenta la disponibilidad de niacina, disminuyendo los riesgos de presentar pelagra (Pearson, 1957). Otros beneficios son la disminución de la presencia de aflatoxinas (Figueroa, 1999). Y en relación con la adición de hidróxido de calcio durante la nixtamalización, se reporta un aumento del contenido de calcio hasta en un 400%, comparado con el maíz crudo (FAO, 1993).

Dentro de los cambios que se producen, los más importantes son los del almidón que influyen directamente en las cualidades de masa y tortilla (Véles Medina, 2004). Es importante recordar, que el almidón se encuentra en la naturaleza en forma de estructuras complejas denominadas gránulos, los cuales son relativamente densos y se hidratan difícilmente en agua fría, y su capacidad espesante es sólo lograda cuando en el proceso de hidratación interviene el efecto del calor.

Otra cualidad interesante del almidón es que posee una estructura polimérica compuesta por dos polisacáridos: amilosa, que es esencialmente una estructura lineal y amilopectina, que es una estructura ramificada, ambas estructuras se pueden observar en la Figura 4 (Fennema, 1996).



Fuente: Galván Granados, 2007.

Figura 4. A) Estructura del almidón: amilosa, B) amilopectina.

Fuente: Galván Granados, 2007.

Los gránulos intactos pueden embeber agua de manera reversible, sin embargo al calentarse se produce el proceso denominado gelatinización que consiste en un hinchamiento irreversible del gránulo y posterior ruptura de algunos gránulos. La gelatinización completa se produce en un rango amplio de temperatura (Tabla 8), siendo los gránulos de mayor tamaño los primeros en gelatinizarse. El calentamiento continuo de los gránulos en un exceso de agua resulta en el hinchamiento de los gránulos y lixiviación adicional de los sólidos solubles (principalmente amilosa) y si se aplican fuerzas de cizalla se produce la disrupción total de los gránulos (Fennema, 1996). En general los procesos alimenticios como la nixtamalización no utilizan condiciones muy severas de tratamiento, produciéndose únicamente una gelatinización parcial y liberación de parte de las cadenas de amilosa y amilopectina, estas cadenas liberadas son expuestas al medio alcalino, y pueden ser hidrolizadas. El grado de hidrólisis depende de la severidad del tratamiento, temperatura y concentración de cal (Orozco y Orozco, 2007).

Tabla 8. Cualidades de almidones de maíz

	Almidón de maíz común	Almidón de maíz céreo	Almidón de maíz rico en amilosa
Tamaño de gránulo (eje mayor, μm)	2-30	2-30	2-24
Amilosa (%)	28	<2	50-70
Temperatura de gelatinización ($^{\circ}\text{C}$)	62-80	63-72	66-170 ^p
Viscosidad relativa	Media	Media-alta	Muy baja*
Reología de la pasta*	Corta	Larga (cohesiva)	Corta
Claridad de la pasta	Opaca	Muy ligeramente turbia	Opaca
Tendencia a gelificar/retrogradar	Alta	Muy baja	Muy alta

Fuente: Fennema, 1996.

Aunado a lo anterior, el contenido de grasa se reduce en el nixtamal debido al proceso de saponificación e hidrólisis alcalina de los ácidos grasos, favorecido por el pH básico ocasionado por el hidróxido de calcio (Bello Pérez y col., 2002).

2.2.5. Desventajas del proceso tradicional de nixtamalización.

A pesar de las bondades de la nixtamalización, el proceso tradicional presenta varios inconvenientes, entre los que destacan: el uso elevado de energía y agua, aunado a la gran cantidad de efluentes contaminantes (nejayote), con alto contenido de sólidos solubles. Estos desechos poseen una alta demanda bioquímica de oxígeno de alrededor de 2700 mg O₂ / L (Rivera, 1994). Además de que durante el proceso se presentan pérdidas de nutrientes como tiamina, niacina, riboflavina, grasa, y almidón (Acero, 2004).

El proceso tanto tradicional, como el industrial, en su mayoría, tienen como fuente de energía la combustión de hidrocarburos, donde la transferencia de calor no se realiza uniformemente, debido a que el flujo de calor va de afuera hacia el interior del contenedor; siendo el material que se encuentra en el centro el que tarda más en calentarse, mientras que el que está más cercano a la pared exterior sufre una sobreexposición a la fuente de calor, obteniéndose un producto no uniforme en sus cualidades, que necesita de aditivos para ser homogenizado.

A ello se le suma la pérdida de calor por convección a través de las propias paredes de los contenedores, con lo que el proceso no está totalmente controlado en cuanto a su temperatura.

2.3.- Proceso industrial.

Los factores de control de la nixtamalización de maíz se encuentran a través de todo proceso incluyendo: a) el perfil de tiempo temperatura empleado durante el cocimiento y reposo, b) el tipo de lavado de nixtamal, c) las condiciones de molienda, d) el tipo de mezclado.

Las condiciones de proceso deben promover los cambios físicos y químicos necesarios en el maíz para obtener la funcionalidad de textura y humedad deseadas para el manejo y procesamiento del nixtamal, masa y la calidad de los productos (Almeida, 1996).

2.3.1.- Cocimiento y reposo.

El maíz es vaciado a las marmitas de cocimiento con chaqueta de vapor. Se les agrega agua suficiente y un 1% de cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). La solución se lleva a ebullición. A partir de que empiece a hervir, se inicia el tiempo de cocimiento que puede variar de 4 a 10 minutos a una temperatura de 93°C.

Mediante este paso se trata de lograr la gelatinización del almidón, el reblandecimiento del grano y ayudar a la desintegración de la cascarilla, causado esto último por el hidróxido de calcio que se le adiciona para la nixtamalización. 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 adentro para después sostener la temperatura de la mezcla, eliminar la fuente de calor y entonces dejar reposar.

Si el maíz utilizado es de alto porcentaje de endospermo blando, el sobrecocimiento del mismo ocasionará que el grano se reviente (floreo). Una vez terminado el período de cocimiento, se agrega agua fría al maíz; esto es debido a dos razones: 1) lograr que la temperatura baje a menos de 49° C, con lo cual se evitará que el almidón se sobregelatinice y 2) Lograr que la solución tenga una mayor cantidad de agua para evitar que los granos de maíz se quiebren cuando sean bombeados con la consiguiente pérdida de sólidos.

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 granos son más pequeños, están más quebrados y/o facturados, la cal es más activa, soluble y se aplica mayor temperatura arriba de aproximadamente 60-70°C por tiempo. El periodo del reposo debe permitir la difusión de la humedad dentro del grano para producir granos de nixtamal hidratados homogéneamente. En estas condiciones,

el nixtamal es blando, prácticamente libre de pericarpio.

Los granos se hinchan debido al efecto combinado de la gelatinización del almidón, degradación parcial de la estructura del endospermo, degradación/solubilización parcial de la pared celular y la solubilización parcial de la matriz proteica (Morales, 1989).

2.3.2.-Lavado.

Una vez terminado el tiempo de reposo, el maíz es llevado al cilindro lavador, en el cual se eliminará la celulosa (cáscara) desprendida, la cabeza del grano y la cal. Si la celulosa y la cabeza del grano no son removidas, ocasionarán que el producto sea duro y quebradizo.

El lavado tiene las funciones de eliminar el pericarpio ya suavizado, el exceso de cal y el agua de cocimiento, y de enfriar el nixtamal dependiendo del tipo de cocimiento empleado (Almeida, 1996).

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 el propósito de conservar las gomas naturales del maíz (hemicelulosa y otras fibras solubles) y no reducir los rendimientos. Las gomas del maíz ayudan a retener el agua e imparten flexibilidad y suavidad a la masa y las tortillas. Por otro lado cuando se retiene el exceso de cal existe un mayor riesgo de oscurecimiento del producto (Almeida, 1996).

2.3.3.- Molienda.

Del cilindro lavador, el maíz pasa al molino de piedras, que consta de un par de piedras dispuestas una frente a la otra, de las cuales una gira y la otra permanecen estática. El grado de molido del maíz puede ser determinado por la abertura existente entre las piedras.

No es conveniente agregar agua al maíz en el molino, ya que pueden aparecer estrías en la superficie del producto como resultado de la mala integración del agua a la masa, lo que ocasionará que sea pegajosa. El maíz debe adquirir la humedad requerida durante el tiempo de reposo. Debe vigilarse que la masa no sobre trabaje en el molino. Debido a que se le formarán ampollas al producto.

Es importante que las dos piedras del molino sean colocadas paralelamente, con una abertura entre las mismas que debe ser igual en cualquier punto, ya que de lo contrario existirán espacios por donde escapen partículas grandes que evitarán la uniformidad de la masa. Es conveniente que siempre se usen los mismos pares de piedras, evitando combinar piedras de diferentes pares. Para que el picado de las piedras sea siempre el mismo, se recomienda elaborar un molde, o de lo contrario el picado variará, lo que traerá como consecuencia una diferencia en la calidad del molido (Almeida, 1996).

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 proteína y fibras hidratadas, y grasas en mezcla con alrededor de 50-60% de humedad. La condición del nixtamal, el tipo de piedra, la separación entre las piedras y el agua adicionada son factores a controlar durante la molienda. El tamaño, el tipo y estado del rayado y la separación entre las piedras afectan el tamaño de las partículas de la masa (finas o gruesas), la eficiencia, la fricción y el calentamiento desarrollados durante la molienda. Canales profundos en el rayado producen masa más gruesa. La adición de agua durante la molienda disminuye la fricción, evita el sobrecalentamiento y produce masa más suave. El rango de temperatura de la masa fresca común en la industria cuando sale del molino es de 50-75°C. La separación entre piedras debe ser adecuada para obtener masa con la consistencia requerida. La molienda de nixtamal que se pasó de cocimiento, con alto contenido de humedad, entre piedras cerradas, sin adición de agua genera exceso de calor y tiende a producir masa pegajosa que se seca rápidamente. El servicio regular de las piedras y la aplicación de un rayado similar son críticos para

el control de la molienda (Almeida, 1996).

La composición de la masa consiste de 10.5% de proteína, 4.2% de grasa, 1.9% de ceniza, 72.6% de almidón y 10.8% de fibra (Gómez 1988).

2.3.4.- Mezclado.

Haciendo pasar la masa por intercambiadores de calor donde aumentara drásticamente su temperatura para secar la masa y Dependiendo del tipo de harina se mezclara aditivos. En esta etapa es donde se reflejan gran parte de los efectos del cocimiento y molienda previos. Desafortunadamente, en caso de observarse efectos indeseables, en muchos casos, es demasiado tarde para corregir las características del nixtamal o la masa.

2.3.5.- Empaquetado.

Se manda a una tolva donde se empaca el producto dependiendo de la necesidad del cliente ya sea en presentación a granel de 20 kg. O bien en paquetes de 1 kg.

Diagrama de flujo del proceso de nixtamalización.

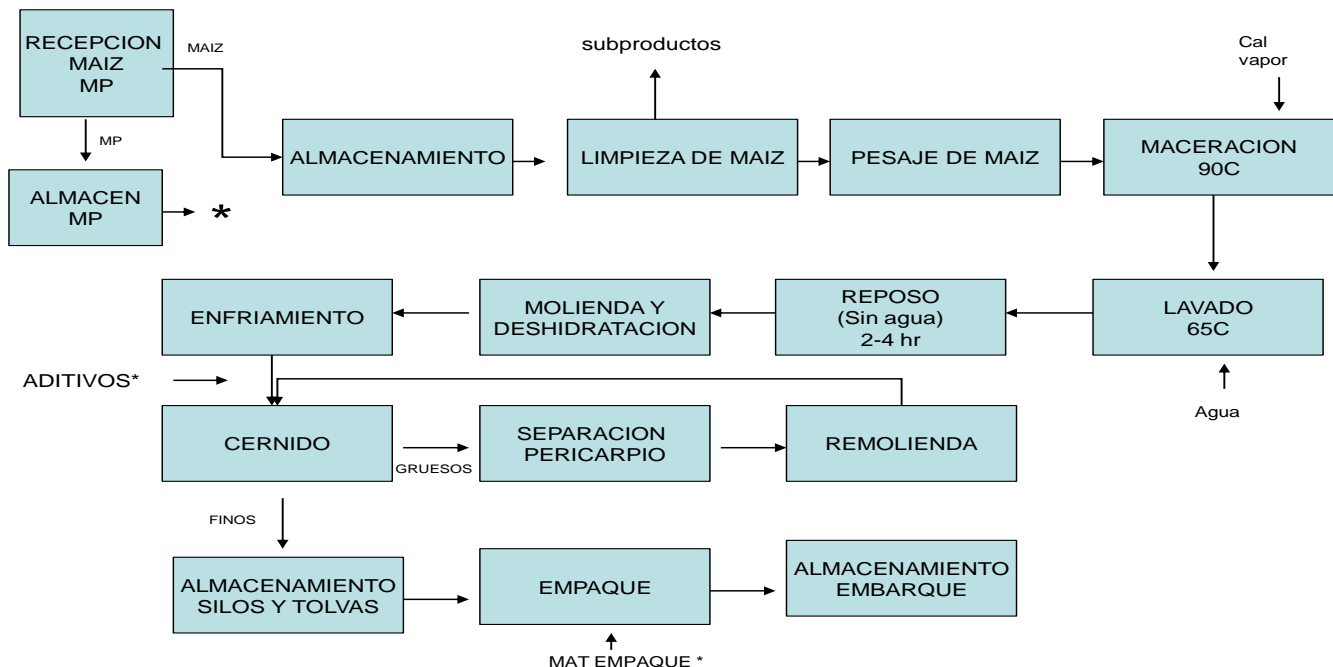
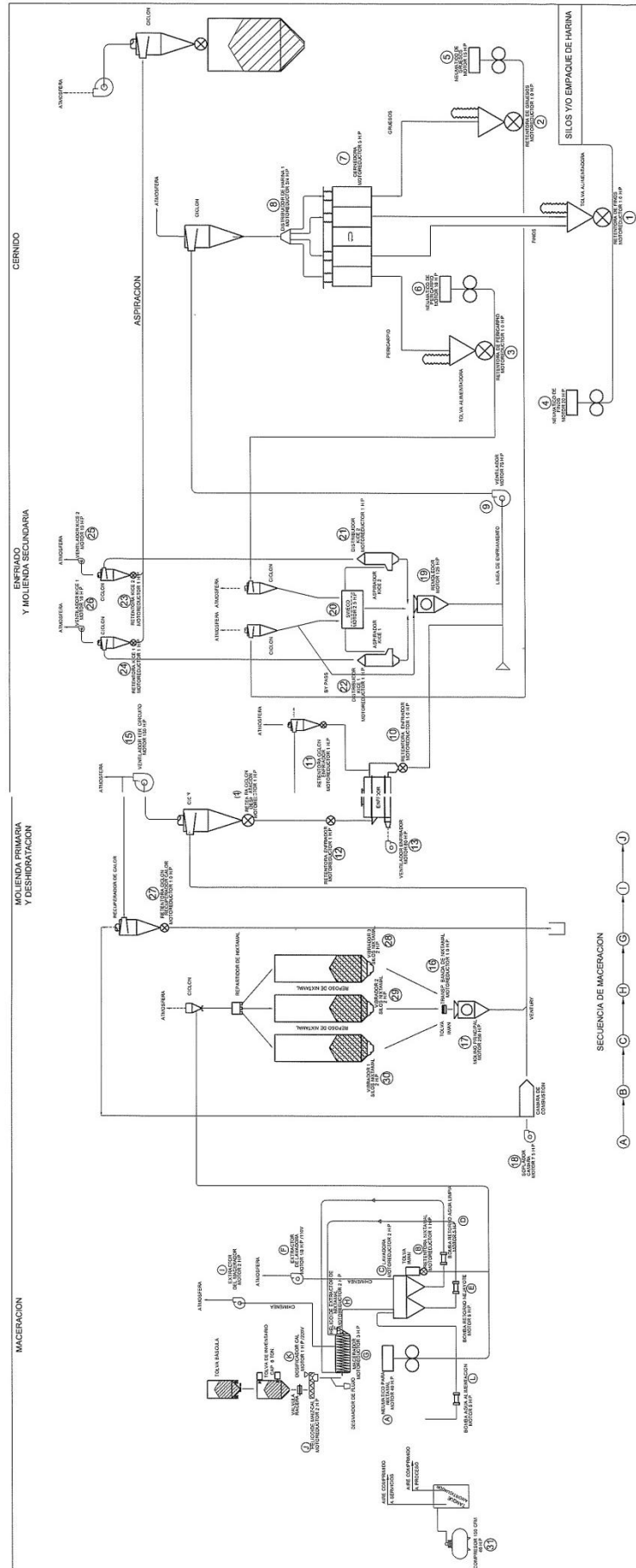


Diagrama de flujo del proceso con equipos para la nixtamalización.



2.4.- Harina de maíz nixtamalizado.

La industria de la harina de maíz nixtamalizado data de 1949, momento en que inició sus actividades el grupo industrial Molinos Azteca, S. A. (MASECA). Hoy día existen ya varias marcas de harinas de maíz nixtamalizado, sin embargo, son sólo tres las que principalmente se producen y consumen en México: MASECA, MINSA y Agroinsa (Flores Farías, 2004). De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NMX-F-046-S-1980, la harina de maíz nixtamalizado se define como el producto que se obtiene de la molienda de los granos de maíz (*Zea mays*) sanos, limpios y previamente nixtamalizados y deshidratados siguiendo el proceso tradicional de nixtamalización (cocción de los granos de maíz, en agua con cal (calhidra), en proporción aproximada de 700 a 800g de cal por cada 75 kg de granos de maíz, se escurren, quedando listos para la elaboración de la harina, previo lavado y deshidratación), y que cumpla con las siguientes especificaciones físico químicas:

- Color: Debe ser blanco amarillento o característico de la variedad de grano empleado.
- Olor: Debe ser característico y no presentar signos de rancidez u otro olor extraño.
- Sabor: Debe ser característico del producto y no tener ningún sabor extraño.
- Aspecto: Debe ser granuloso con una finura tal que el 75% como mínimo pase a través de un tamiz de 0.250 mm de abertura de malla, tamiz No. 24 M.- 60 US.
- La harina deberá cumplir con las especificaciones químicas expuestas en la Tabla 9.

Tabla 9. Contenido proximal especificado para harinas de maíz nixtamalizado

ESPECIFICACIONES	MÍNIMAS %	MÁXIMAS %
Humedad	.	11.0
Proteínas (Nitrógeno x 6.25)	8.0	.
Cenizas	.	1.5
Extracto etéreo	4.0	.
Fibra cruda	.	2.0

Fuente: NOM Harina de maíz

Las especificaciones microbiológicas, mencionan que el producto no debe contener microorganismos patógenos, ni más de 1000 UFC/g de hongos, ni biotoxinas fuera de los límites que la secretaría de salubridad y asistencia específica. Debe, además, estar libre de plaguicidas y no exceder el límite del contaminante metálico Arsénico en 0.3 mg/ Kg (ppm) máximo, estar libre de fragmentos de insectos, pelos y excretas de roedores, así como de cualquier otra materia extraña. Los ingredientes básicos de preparación deben ser: maíz, agua y cal (NMX- F- 046- S- 1980, Banco de normas 2004).

2.5. Caracterización de harinas de maíz.

La caracterización de productos tiene un interés trascendental, tanto en procesos conocidos como en procesos nuevos. Las cualidades que se analizan permiten describir el producto, su funcionalidad y su calidad. Esta comparación se hace con base a su funcionalidad, propiedades fisicoquímicas y reológicas.

Las propiedades físicas nos permiten conocer el comportamiento de la harina y determinar si es funcional para el uso al que se está destinando. Por ejemplo, se puede conocer a través del tamaño de partícula, si se trabaja con un maíz duro o suave. Por otro lado con valores de ISA (índice de solubilidad en agua), IAA (índice de absorción en agua) y CAAS (capacidad de absorción de agua subjetiva) se puede saber qué tan cocido está el maíz y cuánto daño de almidón presenta el material; mientras mayor daño exista en el almidón, la harina tenderá a absorber una mayor cantidad de agua, que se reflejará en el rendimiento de masa y de tortillas.

El pH y el color se pueden relacionar con la cal agregada en la preparación, la intensidad del lavado y el tipo de maíz utilizado (Véles Medina, 2004).

En cuanto a la reología en masa y tortilla, las propiedades texturales medidas en ambas permiten conocer información sobre la calidad de las mismas. Por medio de equipos como el texturómetro es posible cuantificar la dureza de una tortilla al morderla, esto, como la fuerza necesaria para cortarla, que en general es una percepción sensorial (Reyes y col., 1998).

En el caso de la masa, es importante conocer su comportamiento reológico, que nos dirá si la masa es moldeable, no muy dura, ni muy pegajosa, y si es posible troquelar las tortillas (Bello Pérez y col., 2002).

Entre los trabajos de caracterización están los realizados por Bressani y col. (2001), que hacen un estudio de 12 marcas de harinas de maíz nixtamalizado, de consumo en América central; su objetivo fue obtener información útil para la fortificación del alimento. Dentro del estudio, analizan parámetros físicos y químicos de la harina, relacionados con la calidad de la misma. Las características físicas que analizan son: granulometría o tamaño de partícula de la harina, verificando que en base a norma la partícula esté en el rango de 250 μm (malla No. 60), los valores de IAA los reportan en un rango de 3.41 a 4.02 g gel/ g harina seca, la densidad del material reportada de 0.41 a 0.547 g/ mL, relacionada con la finura, el grado de cocimiento y la dureza del maíz y el pH que encontraron fue de 5.4 a 7.5. La caracterización química incluyó todo el estudio bromatológico, donde reportan humedades de 10.09% en promedio, las cuales fueron menores al 15%, que es lo que establece la norma del producto en Guatemala, en grasa encuentran valores de 2.16 a 3.48%, proteína de 6.7 a 8.1%, cenizas y fibra dietética de 7.7 a 12%, además minerales: Zn, Ca, P, Mg, Mn, Fe, Cu, así como ácido fítico.

En los resultados hubo variaciones importantes en los parámetros de pH, IAA, y

análisis proximales; los autores atribuyen las diferencias a los procesos de elaboración y al genotipo de maíz utilizado.

Flores Farías y col. (2002), por su parte, analizaron diferentes harinas comerciales mexicanas, caracterizándolas con base a su humedad, pH, tamaño de partícula, densidad aparente, CAAS, capacidad de hidratación (CH), ISA, color, análisis proximales (extracto etéreo, proteína, carbohidratos), almidón, amilosa, contenido de Ca y aditivos (gomas, ácidos grasos y conservadores). Sus resultados muestran que en las harinas comerciales expandidas para amas de casa, se adicionan aditivos para mejorar las características reológicas, tales como las gommas guar y xanthana, que mejoran la textura en masa y tortilla, ácidos grasos como oleico, linolénico y linoléico, que prolongan la vida útil de la tortilla retardando la retrogradación, y antimicrobianos como el ácido propiónico, fumárico y sorbato de potasio. Dentro de sus resultados, existe una alta variación de las propiedades evaluadas en las diferentes marcas, en la mayoría de los casos, atribuida al proceso, en otros casos a la presencia de los aditivos, en otros a la diferencia entre los granos utilizados como materia prima en cada industria. El ISA se considera que varió significativamente en las diferentes harinas debido al grado de cocimiento. Los tamaños de partícula tuvieron diferencias entre las harinas analizadas, aunque todos los valores se encontraron dentro de la NOM (t. p. < 250 μ m); esta variación se atribuyó a los diferentes genotipos de maíz usados; dureza de los mismos, tiempos de cocimiento, reposo de nixtamal y molienda. Reportan que la densidad presentó grandes diferencias que estaban relacionadas con el tamaño de partícula (partículas finas; densidad baja). La humedad mostró variaciones ligeras, pero se encontró dentro de la NOM, que especifica un máximo de 11%. Las variaciones en cuanto al contenido proteína son atribuidas al tipo de grano.

Dentro de las técnicas que se han establecido para el análisis de la textura en tortilla, está la reportada por Arámbula Villa y col. (2004), que emplea un texturómetro TA-TX2, establece una metodología de medición, donde utiliza una

probeta en forma de “I”, para la evaluación del parámetro de tensión como la fuerza máxima necesaria para rasgar una tortilla. La probeta permite que el rasgado en la tortilla se realice en la parte central de la misma, reduciendo la aparición de sesgos en los resultados. Esta característica es muy importante porque está relacionada con la percepción sensorial del consumidor. En los experimentos realizados se encontró un rango repetible de la medida de fuerza de tensión en tortillas que va de 52g a 356g de fuerza, con una media de 152g.

Todas las investigaciones mencionadas en este apartado son un antecedente de caracterización que será útil en la comparación de resultados finales de este trabajo. Con base a la revisión de textos que abarcan la caracterización de harinas y productos de harina de maíz nixtamalizada, se encontró que las características más representativas fisicoquímicamente en este producto son CAAS, color, pH y viscosidad en harina; rendimiento, humedad, y fuerza de cohesión en masa; humedad, color, rolabilidad, vida útil, y resistencia a la tensión.

2.6.- Propiedades de los estabilizantes (CMC, goma guar, goma arábica y goma xanthana).

2.6.1.-Carboximetilcelulosa (CMC).

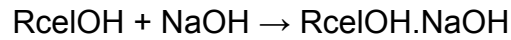
La carboximetilcelulosa es preparada a partir de la celulosa, la cual es el principal polisacárido constituyente de la madera y de todas las estructuras vegetales. Es preparada comercialmente de la madera y posteriormente modificada químicamente.

Usos muy diversos, principalmente como agente espesante, pero también como producto de relleno, fibra dietética, agente anti-grumoso y emulsificante. Es similar a la celulosa, pero a diferencia de ella, es muy soluble en agua.

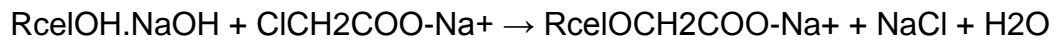
La carboximetilcelulosa es muy soluble, y puede ser fermentada en el intestino grueso. Altas concentraciones pueden causar problemas intestinales, tales como hinchazón, estreñimiento y diarrea. También reduce ligeramente el nivel de

colesterol en la sangre. La carboximetilcelulosa es la sal parcial de sodio de un éter carboximetílico de celulosa; ésta procede directamente de cepas naturales de vegetales fibrosos.

La carboximetilcelulosa se fabrica por la reacción del cloroacetato de sodio con álcali celulosa

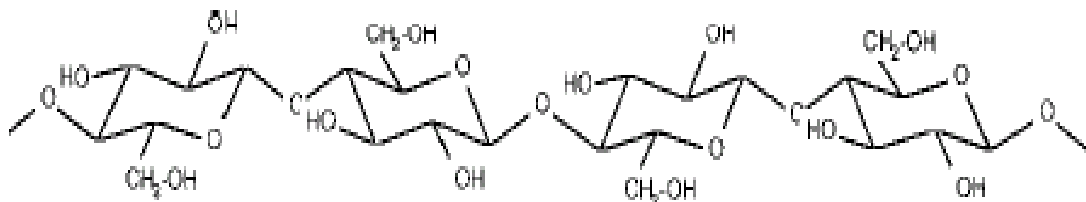
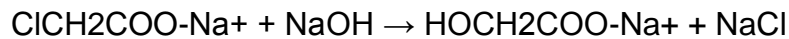


álcali celulosa



carboximetilcelulosa

Además existe una reacción secundaria en la que se forma glicolato de sodio como subproducto.



(a)

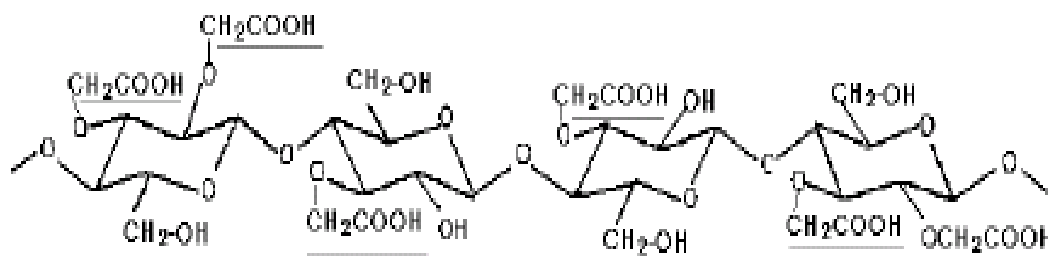


Figura 5. Estructura de la celulosa (a) y carboximetil celulosa DS 1.5 (b).

2.6.1.1.-Importancia del producto.

La carboximetilcelulosa sódica es una sal soluble en agua. Es fabricada por muchas compañías alrededor del mundo, destaca su producción en Europa y América. La producción de CMC es más simple que la de otros éteres de celulosa debido a que todos los reactivos que se emplean son sólidos o líquidos y permiten trabajar a presión atmosférica. El agente eterificante es el cloroacetato de sodio o el ácido cloroacético que es fácil de manipular y muy eficaz. Por esta razón y a causa de su versatilidad como espesante, formador de películas, coloide protector y agente retenedor de agua, la CMC ha llegado a ser el principal éter de celulosa producido industrialmente.

Se produce en grandes cantidades, en grados comerciales crudos sin ningún refinamiento para emplearlo en detergentes, fluidos de perforación y en la industria papelera. En grados de pureza más altos se emplea como aditivo alimenticio (Brandt,1986).

2.6.1.2.-Grado de sustitución.

El grado de sustitución o DS representa el número promedio de grupos carboximetilicos que son sustituidos por cada unidad de anhidroglucosa.

2.6.1.3.-Grado de polimerización y peso molecular.

La CMC es un polímero de cadena larga, las características de sus soluciones dependen de la longitud de la cadena o grado de polimerización, así como también del grado de sustitución.

Comercialmente, la CMC, se puede clasificar de acuerdo a su grado de pureza de la siguiente manera:

Grado	Pureza
• Técnico • Refinado (extra) • Super refinados (F.S.)	55 - 80% 92 - 96% 99.5% mínimo

De acuerdo al grado de sustitución, los distintos tipos de CMC se clasifican en tres grupos:

Bajo D.S.	0,45 - 0,65
Medio D.S.	0,65 - 0,80
Alto D.S.	0,80-1,0

El contenido de humedad de la CMC es de máximo 8,0%, el pH de las soluciones de CMC está entre 6,5 – 8,5 para los grados refinados (extras) y super refinados (FG), y entre 8 y 11 para la CMC grado técnico.

2.6.1.4.-Dispersión y disolución de la CMC.

La CMC es soluble en agua fría y caliente, sin embargo, al igual que todos los polímeros solubles en agua, las partículas de CMC tienen la tendencia a aglomerarse y formar grumos cuando es humectada en agua.

2.6.1.5.-Comportamiento Reológico.

Las soluciones de CMC son fluidos no Newtonianos, de carácter pseudoplástico, además también algunos tienen comportamiento tixotrópico.

2.6.1.6.-Efectos de la temperatura y pH en la CMC.

Las soluciones de CMC mantienen una viscosidad constante y su máxima estabilidad se da en un rango de pH que va de 6 a 9 por debajo de pH 4 hay transformación de la CMC en ácido carboximetilcelulósico, el cual flocula, dando viscosidades superiores. Por encima de pH 10, la viscosidad disminuye notablemente.

2.6.1.7.-Compatibilidad de la CMC.

La CMC es compatible con muchos otros coloides orgánicos como almidones, gelatinas, alginatos, harinas, éteres y ésteres celulósicos, detergentes tensoactivos, gomas, alcohol de polivinilo y en general con la mayoría de los polímeros aniónicos y no iónicos solubles en agua.

La compatibilidad de la CMC con las sales inorgánicas depende de la capacidad del catión añadido para formar una sal soluble de carboximetilcelulosa.

Tabla 12. Características típicas de la CMC

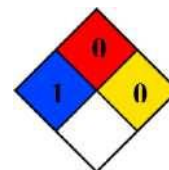
Propiedad	Valor
Polímero	
Base seca niimma (%)	995
Humedad maxima (5)	SO
Temperatura de totado (apahción color manóa)	227
Temperatura a la cual se caiboniza (°C)	252
Densidad (g mi)	0.75
Demanda biológica de oxigeno' (ppm)b	
en CMC de alta viscosidad	11000
en CMC de baia viscosidad	17300
Soluciones al 2%	
Gravedad especifica a 25CC	1.0068
Indice de refracción a 25°C	1.3355
pH	7.5
Tensión superficial 1% sol. (dyn cm)	71
Películas	
Densidad (g mi)	1.59
Indice de refracción	1.515

2.6.1.8.- Hoja de seguridad del CMC.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: CARBOXIMETIL CELULOSA SÓDICA
Fecha de Revisión: Septiembre 2011 - segunda revisión



SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPANIA

PRODUCTO

Nombre Químico: CARBOXIMETIL CELULOSA SÓDICA (CMC) - $C_5H_7O_2COONa$
Número CAS: 9004-32-4
Sinónimos: Carboximetilcelulosa, CMC, Glicolato de celulosa.

SECCION 2: COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

CARBOXIMETIL CELULOSA SÓDICA	CAS: 9004-32-4	100%
------------------------------	----------------	------

SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS

VISION GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS. Polvo inflamable al ser finamente dividido y suspendido en el aire. Dicho polvo puede causar irritación ocular leve o irritación respiratoria si se inhala.

Las superficies sujetas a derrames o empolvamiento pueden volverse resbalosas si se mojan. Este polvo cuando se dispersa representa un peligro de explosión.

La exposición a corto plazo no presenta efectos permanentes conocidos en los seres humanos, cuando se usa según las indicaciones.

A largo plazo la exposición no tiene efectos permanentes en los seres humanos si se usa según las indicaciones. No se conocen efectos ecológicos.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD: El polvo de este material puede causar irritación ocular leve o irritación respiratoria si se inhala.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto Ocular: Lave bien los ojos inmediatamente al menos durante 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para asegurar la remoción del químico. Retire los lentes de contacto para asegurar lavado total. Busque atención médica si persiste la irritación.

Contacto Dérmico: Lave la piel inmediatamente con abundante agua por lo menos durante 15 minutos mientras se retira la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa antes de usarla nuevamente.

Inhalación: Trasladar a la víctima al aire fresco. Trátese cualquier irritación sintomáticamente. Buscar atención medica.

Ingestión: ¡No induzca el vomito! Administre grandes cantidades de agua para disolver el producto.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Precaución: Polvo inflamable al ser finamente dividido y suspendido en el aire. Las superficies sujetas a derrames o empolvamiento pueden volverse resbalosas si se mojan.

Temperatura de bronceamiento: 227 °C (440 °F)

Límites de inflamabilidad: N/A

Temperatura de autoignición: 370 ° C (698 ° F) como polvo.

Medios de extinción: Agua rociada, polvo químico, espumas o dióxido de carbono.

Procedimientos especiales de combate de fuego: Ninguno

Riesgos no usuales de fuego y/o explosión: El polvo es inflamable si es finamente dividido y suspendido en el aire.

SECCION 6: MEDTAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Aísle el área, colóquese a favor del viento, elimine fuentes de ignición; absorba el producto en material inerte (tierra, arena, aserrín, etc.). Remueva con elementos adecuados. Recoja en recipientes apropiados para posterior tratamiento y rotúlelos. Evite que los residuos entren en contacto con la red de desagüe. Después de recogidos los residuos, lave el lugar de derrame con abundante agua.

Métodos de Disposición de Desechos: El método de disposición recomendado es la incineración del material de desecho en dispositivos permitidos de acuerdo a las regulaciones locales, departamentales y nacionales. Una alternativa conveniente es utilizar los rellenos sanitarios.

Este producto es biodegradable: El agua de desecho que contenga este producto puede considerarse para tratamiento en un sistema de tratamiento biológico aclimatado de capacidad adecuada.

Este producto no es considerado como desecho peligroso. No posee ninguna característica de riesgo.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Precauciones de manejo y almacenaje: Manténgase el material lejos de fuentes de calor, chispas o flama directa. Para conservar la calidad del producto guárdese éste en envases sellados y en lugar seco alejado del calor y la luz solar.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles en ingeniería de diseño: Deben procurarse ventilaciones adecuadas para mantener las concentraciones del polvo por debajo de los límites aceptables de exposición.

Equipo de protección personal: Gafas de seguridad.

Recomendaciones laborales: Las fuentes lavaojos y regaderas de seguridad deben ser fácilmente accesibles. Manténgase los pisos limpios y secos.

Prácticas de higiene apropiadas: No permita el contacto con los ojos. Evite respirar el polvo. Lávese abundantemente después del manejo.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia y olor:	Polvo de blanco a amarillento, inodoro
Densidad (20 °C) (g/ml):	0.60 – 0.80
Viscosidad (25°C) (sol al 2%) (mPa.s):	15.000 – 20.000
Punto de ebullición:	N/A
Presión de vapor a 20 °C:	N/A
Densidad de vapor:	N/A
Punto de congelación:	N/A
Razón de evaporación:	N/A
Humedad (% por peso):	8% máximo (al empacar)
Solubilidad en agua:	Total
Densidad específica:	0.6-0.9
pH (sol. Al 2%) (20 °C):	7 a 8

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDA

Estabilidad: Estable en condiciones ordinarias de uso y almacenamiento.

Incompatibilidad: Ninguna

Productos de descomposición peligrosos: Ninguno.

Productos de combustión peligrosos: Monóxido de carbono, dióxido de carbono, humo. Polimerización peligrosa: No ocurre.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

Condiciones médicas generalmente agravadas por la exposición: Ninguna conocida.

Principal ruta de entrada: Si se siguen los estándares industriales de higiene y procedimientos recomendados, no es probable la entrada del producto al cuerpo.

No enlistado como cancerígeno por la NTP (National Toxicology Program); no regulado como cancerígeno por la OSHA (Occupational Safety & Health Administration); no evaluado por la IARC (International Agency for Research on

Cáncer).

Efectos reportados sobre el ser humano: Un único caso de dermatitis alérgica al contacto se reporta después de sostener contacto repetido durante un período largo (8 años) con CMC purificada.

Efectos reportados sobre animales: Irritación ocular tras exposición al polvo de CMC sódica purificada. Estudios de laboratorio indican que la CARBOXIMETILCELULOSA DE SODIO no es mutágeno, ni teratógeno, ni cancerígena y que no causa efectos en la reproducción.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Análisis ecotoxicológicos efectuados con producto químicamente idénticos dieron el siguiente resultado:

Toxicidad aguda para los peces:	Clo mayor a 2000 mg / l. Especie: Brachynadio rerio
Toxicidad aguda para los peces:	CL100 mayor a 4000 mg / l. Especie: Brachynadio rerio
Toxicidad aguda para bacteria:	CE50: 10,000 mg/l
Bioacumulación:	Log POW menor a 0 - no lipófilo, sin potencial de bioacumulación.
Degradación biológica:	menor a 5% después de 28 días.
Valor DQO:	aprox. 900 mg/g,
DBO5:	0 mg O2 / l

Clase de contaminación (WGK): 1 - débil contaminante del agua.

Al igual que la celulosa, el CMC en condiciones apropiadas, es biodegradable y no provoca trastornos en los depuradores de aguas residuales.

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Residuos: Evite que los residuos y/o agua de lavado entren en contacto con manantiales de agua potable. Los residuos pueden ser eliminados en pequeñas cantidades en estaciones de tratamiento de efluentes o de acuerdo con la legislación ambiental local. Cantidades mayores de residuo pueden ser dispuestas por incineración.

Envases: Los envases no retornables tienen su uso prohibido para almacenamiento de productos para consumo humano y animal. Los envases vacíos pueden contener residuos de producto (vapor, líquido y/o sólido), por tanto todas las precauciones de riesgo contenidas en esta ficha de seguridad, deben ser tenidas en cuenta.

SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

No regulado. No es producto de transportación peligrosa. Recomendaciones Especiales: No transportar con alimentos.

SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

No se requiere etiquetado especial.

Valor TLV (polvo fino): 6 mg / m³ Valor CTR: No aplica

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de: México: NOM-018-ST-2000 Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441 Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

SECCION 16: INFORMACION ADICIONAL

La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico.

Esta no es intentada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

Fuente:

http://www.sydney2000.com.mx/Hoja_tecnica/CMC_T.pdf

Proveedor:

Frutibases: \$252.64 por kilo

2.6.2.-Goma Guar.

La goma guar es un carbohidrato polimerizado comestible, útil como agente espesante con agua y como reactivo de adsorción y ligador de hidrogeno con superficies minerales y celulósicas. Se han extendido sus aplicaciones con reactivos no-iónicos, amónicos y catiónicos por medio de la eterificación.

Últimamente, los derivados de goma guar, han ocupado una importante fracción de la producción total de guar.

La goma guar se encuentra en las semillas de la planta leguminosa bianual *Cyamopsis tetragonolobus* y psolaroides. Las semillas están contenidas en vainas de 2.5 a 5 centímetros (1 a 2 pulgadas) de longitud. En la India y Paquistán, donde se ha cosechado por siglos como alimento para animales y humanos, la pizca se realiza a mano. La necesidad de un abastecimiento confiable de goma guar crece rápidamente, y los esfuerzos encaminados a establecerlo hacen que se compren cosechas en muchas partes del mundo.

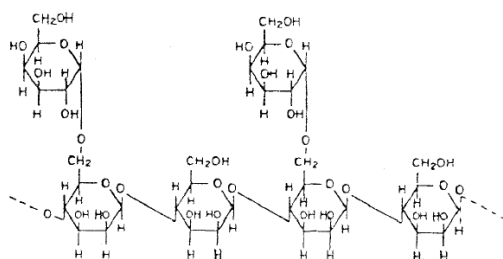
En 1976, el consumo mundial para usos en alimentos y aplicaciones industriales durante ese año se estimó en 57 millones de kilogramos (125 millones de libras).

2.6.2.1.-Estructura.

La goma guar es un carbohidrato polimerizado que contiene galactosa y manosa en sus bloques estructurales. El rango de los componentes varia ligeramente dependiendo del origen de las semillas, Pero la goma se considera que contiene

una unidad de galactosa por cada dos de manosa.

Se acepta que la estructura de la goma guar consiste en una cadena lineal de unidades de beta-Dpiranosido enlazadas 1,4 con una unidad alfa-Dgalactopiranosido como cadena lateral. La alfa-Dgalactopiranosido esta enlazada 1,6 con la cadena principal. Algunos ensayos recientes han confirmado la creencia que las cadenas laterales están espaciadas uniformemente. La goma guar es un importante copolímero natural alternante, como se muestra en la figura 6. Todos los derivados comercialmente importantes de la guar, se forman por eterificación.



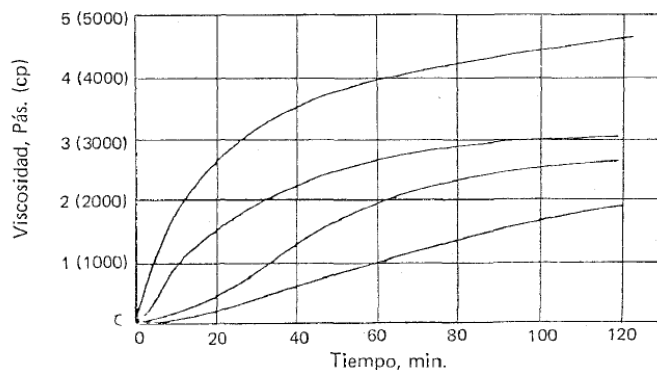
2.6.2.2.-Solubilidad.

La goma guar es un polímero hidratable en agua fría. En su forma comercial pulverizada, la rapidez de espesamiento y la viscosidad final reflejan el proceso histórico del producto, incluyendo el tamaño de partícula. La grafica 1 muestra las curvas de hidratación típica de las variedades disponibles.

Calentando una solución de goma guar, se reduce el tiempo necesario para alcanzar su potencial total de viscosidad. El agua es el único solvente común para la guar, aunque puede tolerar limitadas concentraciones de solventes miscibles al agua, como alcoholes.

Las soluciones de goma guar comercial, son turbias. La turbidez es causada principalmente por la presencia de porciones insolubles del endospermo. Algunas soluciones tratadas y purificadas en el laboratorio por métodos no comerciales, se aproximan a la claridad del agua. Los derivados de la goma guar, pueden mostrar grandes diferencias en solubilidad y claridad en solución. Los derivados

hidroxialquilados disponibles, son más claros que la goma guar y pueden tolerar mayores proporciones de solventes miscibles al agua. Los derivados carboximetilicos son, generalmente, más claros que la guar. Se mejora la claridad por la derivación y solubilización de impurezas insolubles de las semillas. Los cambios de solubilidad ocurren cuando se substituyen suficientes grupos hidroxilos de la galactomanosa y el nuevo polímero toma las características del nuevo reactivo de derivación.



Grafica 1. Desarrollo de viscosidad en función del tiempo para varios tipos de goma guar. La solución está al 1% de concentración (medidas en un viscosímetro Brookfield Synchro-Lectric a 20 rpm y 25°C.

2.6.2.3.-Reologia.

La goma guar es el espesante acuoso más eficiente que se conoce. Las soluciones de goma guar y sus derivados, son no newtonianos, clasificadas como pseudoplasticas. Se vuelven fluidas de forma reversible, cuando se aplica calor, pero se degradan irreversiblemente cuando se aplica alta temperatura y tiempo prolongado. Algunos de los derivados hidroxialquilados, desarrollados recientemente, resisten esta degradación en mucho mayor grado.

Las soluciones resisten bien la degradación por esfuerzo cortante, comparadas con otros polímeros hidrosolubles, pero se degradan con el tiempo bajo fuertes esfuerzos cortantes. Las gráficas muestran las propiedades de las soluciones de goma.

2.6.2.4.-Viscosidad.

Los sistemas acuosos conteniendo goma guar tienen altas viscosidades a muy bajas concentraciones. El nivel de uso recomendado es generalmente mucho

menor que el 1%, puesto que a concentraciones mayores la viscosidad se vuelve excesiva para la mayor parte de las aplicaciones. Para una solución típica, si se dobla la concentración (del 1% al 2%), se obtiene un incremento de diez veces en la viscosidad (4,100 cps a 44,000 cps).

Los productos de alta viscosidad al 3% de concentración forman soluciones espesas y parecen geles. Existen derivados de goma guar con bajas viscosidades para aplicaciones especiales, por ejemplo, cuando se favorece un contenido alto de sólidos, cuando se desea cargar eléctricamente moléculas con poder espesante y comportamiento controlado, o cuando se desea menos pseudoplasticidad, o un flujo más newtoniano. Véase la tabla 13 para el rango de productos típicos.

	TABLA ANALISIS TIPICO DE GUAR EN POLVO GRADO ALIMENTICIO			Grado Industrial Molienda Fina
	Molienda Fina	Mol. Intermedia	Molienda Gruesa	
Humedad%	10-12	10-12	10-12	10-12
Proteína %	4-6	4-6	4-6	4-6
Residuo Insoluble al ácido %	2.5-5.5	2.5-5.5	2.5-5.5	2.5-5.5
Viscosidad* P.a.s.	3-5	2.5-4.5	2-3.5	3-5
C.P.	3000-5000	2500-4500	2000-3500	3000-5000

2.6.2.5.-Efecto del pH.

Las soluciones de goma guar son estables en un amplio rango de pH. La viscosidad es casi constante en el rango de 1.0 a 10.5. Se cree que esta estabilidad se debe a la naturaleza sin carga y no iónica de la molécula. Aunque el pH no afecta la viscosidad final, la velocidad de hidratación varía ampliamente con el pH; siendo la mayor velocidad entre 8 y 9. La hidratación es más lenta a pH arriba de 10 y abajo de 4.

2.6.2.6.- Hoja de seguridad de la goma Guar.

HOJAS DE SEGURIDAD DE MATERIALES



En caso de emergencia comunicarse con:

QUIMIPAL Químicos Palacio Echandía S.A

NIT: 811.009.636 -7

Dirección: CRA 25 A #1-131 Oficina: 911

Teléfonos: (574) 317 5151 FAX: (574) 317 4422

MEDELLÍN - COLOMBIA

Código del producto

Nombre comercial Goma Guar

Nombre químico Goma Guar

Sinónimos Goma Guar

Peso molecular

Fórmula química

CAS

Características

Color Blanco crema

Olor Medio

Estado Polvo Fino

Porcentaje y nombre de los componentes

Propiedades físicas

Punto de fusión	N.A.
Punto de inflamación	N.A.
Valor pH	Neutral
Descomposición Térmica	Aprox 170-180C al inicio de la descomposición
Densidad relativa	700-800 kgs/m ³
Viscosidad dinámica	N.A.
Densidad de vapor	N.A.
Solubilidad en agua	Miscibilidad ilimitada, dependiendo de la concentración de la solución viscosa a una pasta espesa
Límites de explosividad	Inferior: >500 g/m ³ ; Superior: No determinado
Temperatura de Auto ignición	N.A.

Límites permisibles de concentración

TVL (TWA; 8 horas; ACGIH):	No disponible
PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria en general)	No disponible
TVL	No disponible
PEL	No disponible

Frases de Riesgo

Frases de seguridad

Primeros auxilios

Requiere descontaminación de la víctima, si la exposición a sido aguda requiere un tratamiento posterior en un centro hospitalario

Contacto con los ojos	Lavar inmediata y abundantemente bajo agua corriente durante al menos 15 minutos y con los párpados abiertos, control posterior por el oftalmólogo.
Contacto con la piel	Lavar inmediata y abundantemente con agua, utilizar vendaje estéril, buscar ayuda médica.
Ingestión	Lavar inmediatamente la boca y beber posteriormente abundante agua, buscar ayuda médica.
Inhalación	Reposo, respirar aire fresco, buscar ayuda médica.

Equipo de protección Personal

Especificar tipo

Equipo de protección personal

Protección de las vías respiratorias:

Protección de las vías respiratorias en caso de ventilación insuficiente. Protección adecuada para las vías respiratorias a concentraciones elevadas o prolongada incidencia: Filtro para gas EN 141 tipo A (gases/vapores orgánicos (punto de ebullición > 65 °C)).

Protección de las manos:

Guantes de protección resistentes a productos químicos (EN 374).

Incompatibilidades

N/A

Indicaciones de fuga o derrame

PRIMEROS AUXILIOS: en caso de contacto con los ojos lave los ojos con agua tibia por lo menos 15 minutos

La inhalación puede provocar reacciones alérgicas y irritar los conductos respiratorios. Búsqueda de aire fresco y llamar a un médico si la irritación persiste.

Indicaciones para incendios

Medios de extinción adecuados:

agua, medios de extinción en seco, espuma, dióxido de carbono

Vestimenta de protección especial:

Use equipo respiratorio autónomo y traje de protección.

Información adicional:

Acumular separadamente el agua de extinción contaminada, al no poder ser vertida al alcantarillado general o a los desagües.

Indicaciones ecológicas

Aprox. 91% del producto consiste en un polisacárido planta inofensivo. El análisis químico muestra otros componentes secos para ser proteínas, cenizas, fibra y grasa.

Condiciones de transporte

No disponibles

No disponibles.

Fuente:

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaGuar_1839.pdf

Proveedor:

Aquimex: \$295.58por kilo.

2.6.3.-Goma Xanthan

La Goma Xanthan es un polisacárido natural de alto peso molecular. Es industrialmente producido por la fermentación de cultivos puros del microorganismo *Xanthomonas campestris*.

El microorganismo es cultivado en un medio bien aireado que contiene carbohidratos como fuente de nitrógeno, y trazas de elementos esenciales. El cultivo de *Xanthomonas campestris* es rigurosamente controlado en sus diferentes etapas de fermentación, el caldo se esteriliza para prevenir la contaminación bacteriana, y la goma xanthan se recupera mediante precipitación con alcohol, secado y su posterior molienda hasta convertirla en polvo fino.

2.6.3.1.-Características químicas.

La Goma Xanthan contiene D-glucosa y D-mannose como unidades dominantes de hexose, junto con ácido D-glucurónico. La columna del polímero es hecha de unidades de B-D glucosa unidas en las posiciones 1- y 4- (idéntico a la estructura de la cadena principal de celulosa). Unido a cada otra unidad de glucosa en la posición 3- hay una rama del trisacárido que consiste de una unidad de ácido glucurónico entre dos unidades de mannose.

La rigidez estructural de la molécula de Goma Xanthan produce varias propiedades funcionales inusuales como estabilidad al calor, tolerancia buena en soluciones fuertemente ácidas y básicas, viscosidad estable en un rango amplio de temperatura, y resistencia a degradación enzimática.

2.6.3.2.-Características físicas.

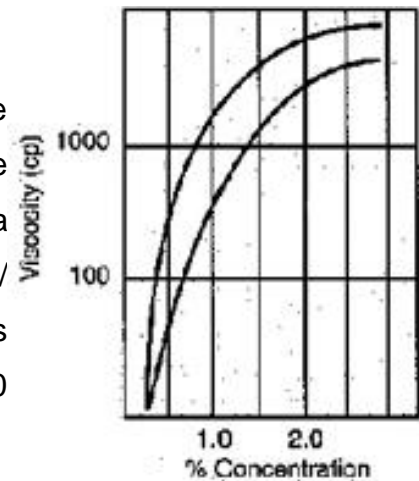
La Goma Xanthan existe como un polvo color blanco-crema, fácilmente soluble en agua caliente o fría. Sus soluciones son neutras.

2.6.3.3.-Solubilidad.

Generalmente no soluble en solventes orgánicos, Goma Xanthan es soluble en glicerol o etilen-glycol a temperaturas mayores a 65° C. Soluciones acuosas de Goma Xanthan tolerarán hasta un 50% a 60% de concentración de solventes miscibles con agua, como isopropanol o etanol. Concentraciones superiores de alcohol producirán gelación o precipitación de la goma. Para mejores resultados, Goma Xanthan debe disolverse primero completamente en agua, y después debe agregarse el solvente lentamente bajo agitación continua.

2.6.3.4.-Viscosidad.

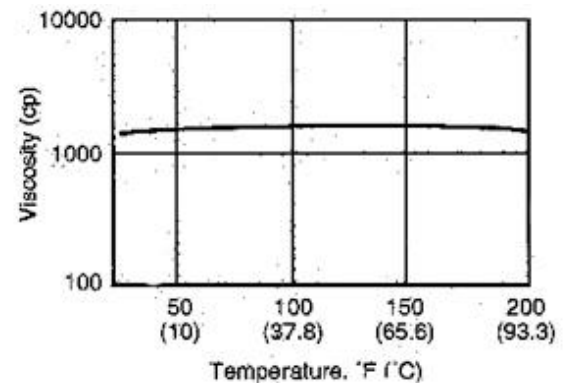
Soluciones acuosas de Goma Xanthan son altamente viscosas en comparación con otras soluciones de polisacáridos preparadas a la misma concentración. La siguiente grafica 2 muestra la relación concentración / viscosidad en soluciones de Goma Xanthan. Para las mediciones se usa un viscosímetro Brookfield LVF a 60 r.p.m.



Grafico

2.6.3.5.-Relación de temperatura.

La temperatura virtualmente no tiene efecto sobre la viscosidad de soluciones de Goma Xanthan. Por consiguiente, soluciones de Goma Xanthan mantienen una viscosidad constante mostrando características de flujo uniformes durante el almacenamiento bajo condiciones climáticas variadas. El gráfico 3 muestra el efecto de temperatura sobre la viscosidad de una solución de Goma Xanthan al 1%.



Grafico

2.6.3.6.-Efecto de pH.

La viscosidad de soluciones de Goma Xanthan que contienen cantidades mínimas de sal no muestra ningún cambio significativo dentro de un amplio rango de valores de pH.

2.6.3.7.-Propiedades Reológicas.

Soluciones de Goma Xanthan son muy pseudo-plásticas, característica muy importante en la estabilización de suspensiones y emulsiones. Cuando una fuerza

de corte es aplicada, la viscosidad se reduce en proporción directa a la fuerza de corte aplicada. Las operaciones de mezclado, bombeado y vertido de las soluciones se facilitan de esta manera requiriéndose gastos mínimos de energía para estos procesos. Cuando la fuerza de corte se detiene, la viscosidad aparente se recupera de inmediato.

Soluciones de Goma Xanthan son extraordinariamente resistentes a la pérdida de viscosidad causada por prolongadas fuerzas de corte aplicadas a las soluciones, comparado con otros espesantes.

2.6.3.8.-Compatibilidades.

Ácidos

Goma Xanthan se solubiliza rápidamente y es estable con acidulantes usados normalmente en productos alimenticios, como ácido cítrico, ácido fumárico y ácido acético.

Sales

Soluciones de Goma Xanthan son compatibles y estables en presencia de la mayoría de las sales utilizadas en alimentos tales como las sales de potasio, sodio, calcio y magnesio. Encima de un pH 10, soluciones de Goma Xanthan se gelifican en presencia de iones de calcio. Con sales de Aluminio se forman geles con un pH cerca de cuatro.

Espesantes

Goma Xanthan muestra una excelente estabilidad con alginatos y almidones. Cuando Goma Xanthan es mezclada con dextrina, goma guar o goma de algarrobo, un aumento de la viscosidad ocurre de una forma sinérgica. Goma Xanthan es compatible con Goma Tragacantho, Goma Karaya y pectina.

2.6.3.9.-Aplicaciones:

Generalmente, la función de Goma Xanthan es la de actuar como coloide

hidrofilico para espesar, suspender, y estabilizar emulsiones y otros sistemas basados en agua. Las únicas y poco usuales propiedades funcionales de esta goma la hacen sumamente útil en las formulaciones en el área de alimentos, farmacéuticos y cosméticos:

- Proporciona una alta viscosidad en solución a concentraciones bajas.
- Fácilmente soluble en agua caliente o fría.
- Viscosidad estable de las soluciones en amplios rangos de temperatura.
- Viscosidad de las soluciones no es afectado por el pH.
- Resistente a degradación enzimática.
- Los sistemas estabilizados con goma xanthan son muy estables a variaciones de agitación.
- Estabilidad excelente en sistemas ácidos.
- Soluciones de Goma Xanthan son estables y compatibles con la mayoría de las sales.

2.6.3.10.-Productos de panadería.

La Goma Xanthan mejora las características de la masa y es útil en la fabricación de rellenos y emulsiones de sabor. Pueden prepararse los rellenos de panadería en estado frío y el producto resultante tendrá excelente textura y buen desarrollo del sabor. Igualmente importante, el sabor no se absorberá por el dulce. El nivel del uso es 0.1% a 0.5%. Goma Xanthan ahorra tiempo en la preparación, comparado con otros estabilizantes convencionales cuando se usa en sabores emulsionados para panadería. Un nivel del uso de 0.1% a 0.5% producirán textura suave y excelente estabilidad en emulsiones de sabor.

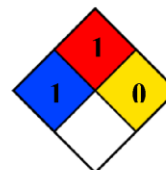
2.6.3.11.- Hoja de seguridad de la goma Xanthan.



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **GOMA XANTAN**

Fecha de Revisión: Septiembre 2011 – segunda revisión



SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

PRODUCTO

Nombre Químico: GOMA XANTAN - (C35H49O29)_n

Número CAS: 11138-66-2

Sinónimos: Chicle sin azúcar de maíz, de polisacáridos

SECCION 2: COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

GOMA XANTANA

CAS: 11138-66-2

100%

SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS

Efectos agudos potenciales: Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante), de contacto con los ojos (irritante), de la ingestión, la inhalación. La exposición repetida o prolongada no debería agravar el estado de salud. Higroscópico (absorbe la humedad del aire). Este producto es de baja peligrosidad para la manipulación industrial normal.

Órganos afectados: Ninguno.

Efectos Potenciales de Salud

Ojo: El polvo puede causar irritación mecánica.

De la piel: El polvo puede causar irritación mecánica. Bajo riesgo de manipulación industrial normal. **Ingestión:** No hay peligro de ingestión en su utilización industrial.

Inhalación: La inhalación de polvo puede causar irritación del tracto respiratorio.

Crónica: No se encontró información.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos: Comprobar y quitar los lentes de contacto. Enjuagar los ojos con agua

corriente durante al menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. El agua fría puede ser utilizada. No use ungüento oftálmico. Busque atención médica.

Contacto con la piel: Después del contacto con la piel, lavar inmediata y suavemente con abundante agua y jabón no abrasivo. Tenga especial cuidado de limpiar los pliegues, grietas e ingle. El agua fría puede ser utilizada. Cubrir la piel irritada con un emoliente. Si la irritación persiste, busque atención médica.

Graves de Contacto con la piel: Lávese con un jabón desinfectante y cubra la piel contaminada con una crema anti-bacterial. Buscar ayuda médica.

Inhalación: Permitir a la víctima a descansar en un área bien ventilada. Busque atención médica inmediata.

Ingestión: No provocar el vómito. Aflojar las ropas apretadas tales como collares, corbatas, cinturones o cintos. Si la víctima no respira, dar respiración boca a boca. Busque atención médica inmediata.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION

DE INCENDIOS Temperatura de auto ignición:> **200 ° C (> 392.00 ° F)**

Información General: Como en cualquier incendio, use un equipo autónomo de respiración en demanda de presión, MSHA / NIOSH, (aprobado o equivalente) y equipo de protección completo. Este material en suficiente cantidad y tamaño de partícula reducida, es capaz de crear una explosión de polvo.

Medios de extinción: Usar agua pulverizada, polvo químico seco, dióxido de carbono o espuma química. No usar chorro de agua.

Inflamabilidad del producto: Puede ser combustible a altas temperaturas.

Riesgos de incendio en presencia de varias sustancias: Inflamable en presencia de llamas abiertas y chispas. Ligeramente inflamable en presencia de calor.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Derrames pequeños: Utilizar las herramientas adecuadas para poner el sólido derramado en un recipiente de eliminación de residuos. Terminar la limpieza vertiendo agua en la superficie contaminada y eliminar según las reglamentaciones de las autoridades locales y regionales.

Derrame grande: Use una pala para poner el material derramado en un recipiente para eliminación de residuos. Terminar la limpieza vertiendo agua sobre la superficie contaminada y permitir la evacuación por el sistema sanitario.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Precauciones: Mantener alejado del calor. Mantener alejado de fuentes de ignición. Los contenedores vacíos pueden suponer un riesgo de incendio, evaporar los residuos bajo una campana de humos. Conecte a tierra todo el equipo que contenga material. No respire el polvo. Use guantes adecuados y ropa de protección en caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado. Si usted se siente bien, busque atención médica y muéstrela etiqueta cuando sea posible. Evitar el contacto con la piel y los ojos.

Almacenamiento: Mantener el recipiente seco. Mantenga en un lugar fresco. Conecte a tierra todo el equipo que contenga material. Mantener el recipiente herméticamente cerrado. Mantenga en un lugar fresco y bien ventilado. Los materiales combustibles deben guardarse lejos del calor extremo y lejos de agentes oxidantes fuertes.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de ingeniería: Utilizar recintos de proceso, ventilación local, u otros controles para mantener los niveles de aire por debajo de los límites de exposición recomendados. Si la operación genera polvo, humos o niebla, utilizar la ventilación para mantener la exposición a los contaminantes en el aire por debajo del límite de exposición.

Protección personal: Lentes anti-salpicaduras. Bata de laboratorio. Un respirador. Guantes. Asegúrese de utilizar un respirador certificado / aprobado o equivalente.

Protección personal en caso de un derrame importante: Lentes anti-salpicaduras. Traje completo. Un respirador. Botas. Guantes. Un aparato respiratorio autónomo debe utilizarse para evitar la inhalación del producto. La ropa de protección sugerida podría no ser suficiente; consultar a un especialista ANTES de tocar este producto.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico y aspecto: Polvo Olor: Olor suave

Color: Blanco a amarillo claro - marrón

Peso molecular: >10.000.000

pH (sol. 1% / agua): 6-8

Punto de ebullición: se descompone.

Punto de fusión: No disponible.

Temperatura crítica: No disponible.

Peso específico: 1.5 (Agua = 1)

Presión de vapor: No aplicable.

Densidad de vapor: No disponible.

Viscosidad; 2000 cps (1% aq disoln)

Volatilidad: No disponible.

Umbral de olor: No disponible

Agua / aceite dist. Coef.: No disponible.

Ionicidad (en agua): No disponible.

Propiedades de dispersión: Ver la solubilidad en agua. Solubilidad: Fácilmente soluble en agua fría

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Condiciones a evitar: Generación de polvo, la exposición a la humedad del aire o el agua. **Incompatibles:** Agentes oxidantes fuertes.

Productos de descomposición peligrosos: Monóxido de carbono, dióxido de carbono.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

Rutas de entrada: Contacto con los ojos. Inhalación. Ingestión.

Toxicidad en los animales:

DL50: **No disponible.**

CL50: **No disponible.**

Otros efectos tóxicos en seres humanos: Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante), de ingestión y de inhalación.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

No se encontró información.

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Lo que no pueda salvarse para recuperar o reciclar debe manejarse en forma apropiada y aprobada la instalación de eliminación de residuos. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Las regulaciones de eliminación local pueden diferir de las regulaciones nacionales de desecho. Deseche el envase y el contenido no utilizado de acuerdo con las reglamentaciones de las autoridades locales y

nacionales.

SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

No regulado.

SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

Frases Seguridad: S24/25 Evítese el contacto con la piel y los ojos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-STC-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

SECCION 16: INFORMACION ADICIONAL

La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intentada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

Fuente:

<http://www.bristhar.com.ve/xanthan.html>

Proveedores:

Gomas naturales: \$249.88 por kilo

2.6.4.-Goma Arábica

2.6.4.1.-Solubilidad.

Debido a su extremada solubilidad en agua, la goma arábica es única entre los hidrocoloides naturales. La mayor parte de las gomas comunes no se pueden disolver en agua a concentraciones superiores al 5% debido a sus altas visco-

sidades. Sin embargo, la goma arábica puede producir soluciones hasta con 50% de concentración. En estos altos niveles, puede formar una masa gelatinosa altamente viscosa, similar en características a las de un gel fuerte de almidón.

2.6.4.2.-Viscosidad.

Mientras que la mayor parte de las gomas forman soluciones altamente viscosas a bajas concentraciones, entre el 1% y el 5%, la goma arábica es excepcional por su extrema solubilidad y por no impartir gran viscosidad a bajas concentraciones. Las altas viscosidades que imparte la goma arábica sólo se consiguen hasta que la concentración es de aproximadamente 40% a 50%. Esta habilidad para formar soluciones altamente concentradas es responsable de las excelentes propiedades estabilizantes y emulsionantes de la goma arábica, cuando se incorpora con grandes cantidades de materiales insolubles.

La viscosidad de las soluciones de la goma arábica depende del tipo y variedad usada. Las mediciones de la relación de concentración a viscosidad pueden mostrar inconsistencias ligeras pero explicables, considerando las diferencias en las materias primas y en los métodos de medición.

Relación de Viscosidad a concentración en soluciones de goma arábica

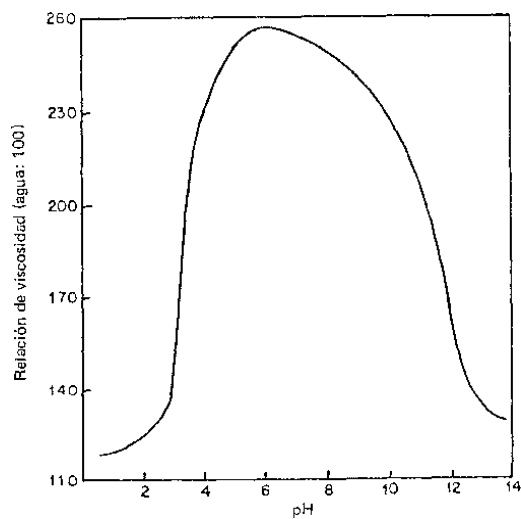
Concentración (%o)	Viscosidad relativa (cps)*
1.22	1.65
2.10	2.00
2.70	2.30
3.85	2.92
3.95	2.93
4.77	3.23
5.54	3.59
7.33	4.87
8.55	5.50
11.73	8.84
15.63	11.90
16.48	17.50
18.69	23.70
34.92	300.00

2.6.4.3.-Comportamiento reológico.

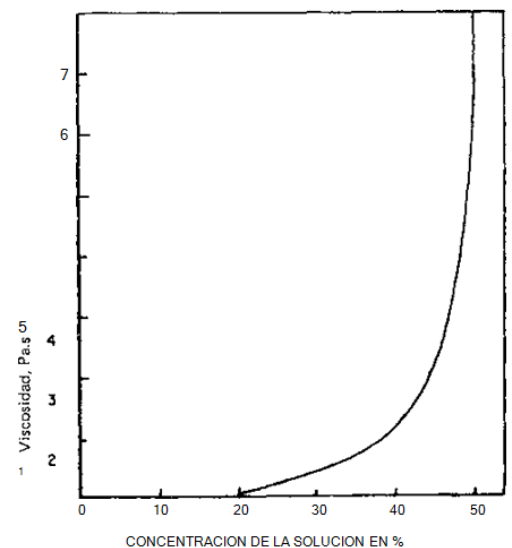
A concentraciones de 40%, las soluciones de goma arábica presentan un comportamiento típicamente Newtoniano. Arriba del 40%, las soluciones pueden adquirir características pseudoplásticas, o sea, que se puede observar un decremento en la viscosidad con aumento en el esfuerzo cortante.

2.6.4.4.-Efecto de pH.

Varios investigadores están de acuerdo en que el ácido arábigo es un ácido monobásico fuerte. La viscosidad de la goma arábica se incrementa fuertemente con el incremento del pH hasta un máximo, que se alcanza a un pH de 5 a 7; luego, cae lentamente cuando el pH está entre 10 y 14. Como se muestra en la ilustración. Normalmente, las soluciones de goma arábica son ligeramente ácidas, presentando un pH de 4.5 a 5.5, aproximadamente y por lo tanto están en el área de máxima viscosidad.



Efecto del pH sobre soluciones de goma arábica



2.6.4.5.-Efecto de los electrolitos.

La adición de electrolitos a una solución de goma arábica produce una disminución de la viscosidad, aun en soluciones muy diluidas. Esta disminución es mucho más pronunciada en soluciones concentradas. La disminución de la viscosidad es proporcional al incremento en la valencia del catión o al incremento de la concentración del electrolito. La adición de más de un electrolito produce un efecto aditivo.

Esta disminución de la viscosidad que va acompañada de una disminución de la tensión interfacial produce condiciones que favorecen la emulsificación. Así, mientras que es posible obtener una buena emulsión gasolina-agua con una

solución al 10% de goma arábica, igualmente se pueden obtener buenas emulsiones aplicando soluciones de 0.5% de goma arábica en presencia de Sulfato o Bicarbonato de sodio.

2.6.4.6.-Efecto del Envejecimiento.

Los estudios realizados en soluciones de goma arábica muestran que todas las soluciones sufren una disminución de la viscosidad con la edad. Las soluciones no adicionadas de conservador muestran la mayor caída en viscosidad, mientras que las soluciones preservadas con ácido benzoico (0.2%) exhibieron la pérdida más pequeña de viscosidad.

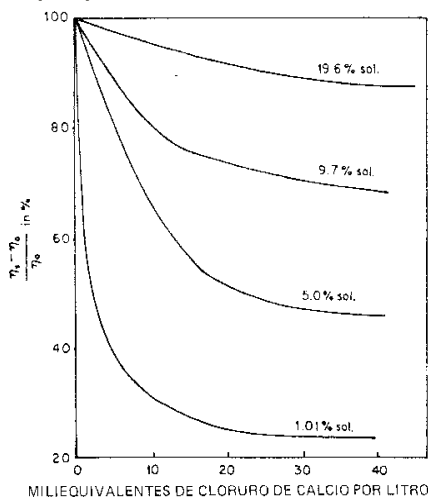
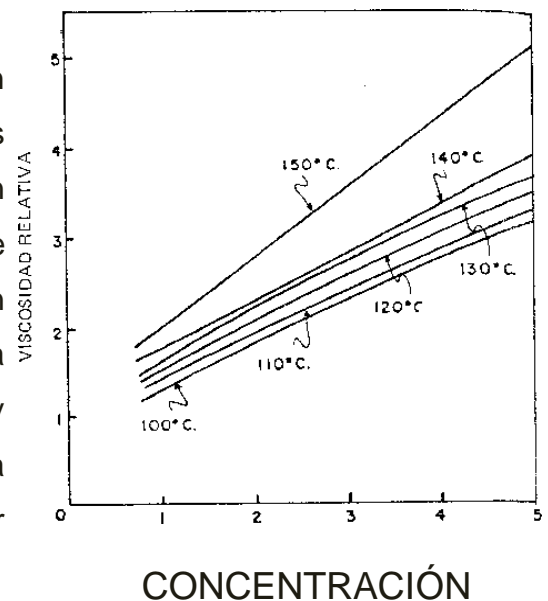


Gráfico 6.- Efecto del calentamiento de goma arábica seca sobre la viscosidad relativa de sus soluciones.

Efecto del cloruro de calcio sobre

2.6.4.7.-Compatibilidad

Las soluciones de goma arábica precipitan con muchas sales, particularmente sales metálicas trivalentes. La goma arábica es incompatible con algunas gomas como la grenetina y el alginato de sodio, pero es bastante compatible con carboximetilcelulosa. En muchos casos, la compatibilidad está sujeta a la influencia del pH y de la concentración. La compatibilidad de la goma arábica con otros componentes se puede obtener mediante el ajuste adecuado de estos parámetros.



2.6.4.8.-Propiedades emulsificantes

La goma arábica es un agente emulsificante muy efectivo debido a su función de coloide protector que ha encontrado amplio uso en la preparación de emulsiones alimenticias de aceite en agua.

La goma arábica produce emulsiones estables con la mayor parte de los aceites en un amplio rango de pH y en presencia de electrolitos, sin la necesidad de un agente estabilizante secundario.

La goma arábica forma una película visible en la Ínter-fase grasa, pero el mecanismo de emulsificación aún no está claramente entendido. Se cree que la goma, como agente formador de película, previene la coalescencia de los glóbulos de aceite, permitiendo así un alto grado de dispersión al disminuir el diámetro de los glóbulos.

Se ha encontrado que la naturaleza química del aceite usado, puede originar marcados cambios en las propiedades de las emulsiones estabilizadas con esta goma. La viscosidad relativa de las emulsiones hechas con goma arábica, cambia de acuerdo con el aceite empleado como fase dispersa. Se ha sugerido que las diferencias se pueden deber a la presencia de una capa o película estabilizante cuyo espesor varía con el aceite utilizado. Esta capa o película es, presumiblemente suficiente para contribuir notablemente a la reducción del volumen de los glóbulos, y así a la viscosidad de la emulsión.

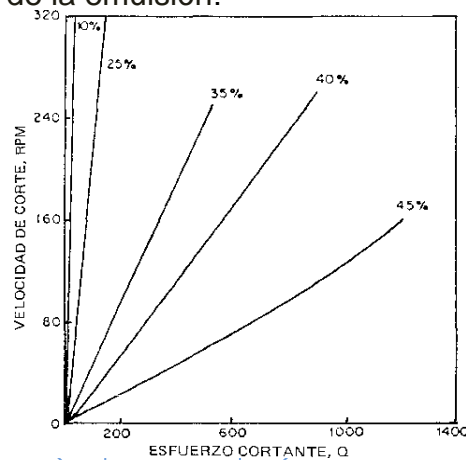
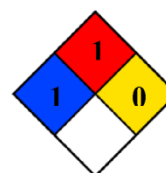


Gráfico 8.- Propiedades reológicas de soluciones de goma arábica a varias

2.6.4.9.-Hoja de seguridad de la goma arábica.



Nombre del Producto: **GOMA ARABIGA**
Fecha de Revisión: Septiembre 2011 – segunda revisión



SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: GOMA ARABIGA
Número CAS: 9000-01-5
Sinónimos: Goma árabe, goma arábica, goma de la India, acacia polvo.

SECCION 2: COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

GOMA ARAGIGA	CAS: 9000-01-5	100%
---------------------	-----------------------	-------------

SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS

Descripción del riesgo: Xi Irritante

Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente: R 36 Irrita los ojos.

Prevención: P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.
P264 Lavarse concienzudamente tras la manipulación.

Respuesta:

En caso de contacto con los ojos: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Si persiste la irritación ocular consultar a un médico.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

En caso de inhalación del producto: Suministrar aire fresco. En caso de trastornos, consultar al médico.

En caso de contacto con la piel: Lavar la piel con abundante agua y jabón durante un mínimo de 15 minutos. Consultar un médico si algunos trastornos persisten.

En caso de con los ojos: Limpiar los ojos abiertos durante varios minutos con agua corriente. En caso de trastornos persistentes consultar un médico.

En caso de ingestión: Lavar la boca con agua si el sujeto está consciente. No provocar el vómito y solicitar asistencia médica inmediata.

Indicaciones para el médico: Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Información general: Al igual que en cualquier incendio, utilizar equipo respiratorio independiente bajo presión, MSHA/NIOSH (aprobado o equivalente), y juego completo de vestimentas de protección.

Sustancias extintoras apropiadas: CO₂, agua, espuma o polvo seco.

Equipo especial de protección: No se requieren medidas especiales.

Riesgos Especiales: Combustible. Mantener alejado de fuentes de ignición. En caso de incendio pueden formarse vapores tóxicos de CO y CO₂.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Información general: Usar el equipo de protección personal adecuado.

Medidas preventivas relativas a personas: Ante la presencia de vapores, utilizar protección respiratoria. En caso de polvo/ de aerosoles usar el equipo de protección personal.

Medidas para la protección del medio ambiente: No se requieren medidas especiales.

Procedimiento de limpieza/recepción: Para polvos finos utilizar un aspirador.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Instrucciones para una manipulación segura: No se requieren medidas especiales.

Prevención de incendios y explosiones: No se requieren medidas especiales.

Almacenamiento:

Exigencias con respecto al almacén y los recipientes: Almacenar en un lugar fresco, seco y en recipientes bien cerrados.

Normas en caso de un almacenamiento conjunto: No es necesario.

Indicaciones adicionales sobre las condiciones de almacenamiento: Ninguno.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Equipo de protección individual

Medidas generales de protección e higiene: Mantener alejado de alimentos, bebidas y alimentos para animales. Quitarse de inmediato la ropa contaminada. Lavarse las manos antes de las pausas y al final del trabajo. Evitar el contacto con los ojos.

Protección respiratoria: Filtro P2, para las operaciones que pueden producir polvos.

Protección de manos: Guantes de goma. El material del guante deberá ser impermeable y resistente al producto / sustancia / preparado. Seleccione el material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación. La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro. Guantes ligeros mono uso de PVC o PE. El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.

Protección de ojos: Gafas protectoras contra productos químicos.

Protección del cuerpo: Elegir una protección para el cuerpo según la cantidad y la concentración de la sustancia peligrosa en el lugar de trabajo.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Forma: En polvo

Color: Blanco Olor: Inodoro

Punto de fusión /campo de fusión: Indeterminado.

Punto de ebullición /campo de ebullición: Indeterminado.

Punto de inflamación: No aplicable.

Inflamabilidad (sólido, gaseiforme): La sustancia no es inflamable.

Peligro de explosión: El producto no es explosivo.

Densidad a 20°C: 0,64 g/cm³

Solubilidad en / miscibilidad con agua a 20°C: 500 g/l **Disolventes orgánicos:**
Soluble en muchos disolventes orgánicos

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse: No se descompone al emplearse adecuadamente.

Materiales que deben evitarse

Reacciones peligrosas: No se conocen reacciones peligrosas.

Productos de descomposición peligrosos: No se conocen productos de descomposición más peligrosos que el mismo producto.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

Toxicidad aguda:

Valores LD/LC50 (dosis letal /dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:

LD50 >16000 mg/kg (dermal, rata)

DTLo: 350 g/kg (oral, rata)

DL50: 8 g/kg (oral, conejo)

Test irritación ojos (conejos): 36 mg/5h Muy tóxico

Efectos peligrosos para la salud: Puede provocar irritaciones en la piel, ojos y mucosas. Posible riesgo de perjudicar la fertilidad. No se descartan otras características peligrosas. Observar las precauciones habituales en el manejo de productos químicos.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Datos relativos a la eliminación (persistencia y capacidad de descomposición)

Información ecológica: No disponible

Instrucciones adicionales: El producto es difícilmente biodegradable.

Efectos ecotóxicos

Toxicidad acuática: previsiblemente no relevante.Indicaciones medioambientales

adicionales

Indicaciones generales: Por regla general, no es peligroso para el agua.

SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Producto:

Recomendación: No debe desecharse con la basura doméstica. No debe llegar al alcantarillado. Para un posible reciclaje, contactar organismos procesadores de desechos industriales.

Embalajes sin limpiar:

Recomendación: Eliminar conforme a las disposiciones oficiales.

SECCION 14: INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

No regulado

SECCION 15: INFORMACION REGLAMENTARIA

Pictograma: Xi Irritante

Frases R: 36/37/38 Irrita los ojos. Irrita la piel. Irrita las vías respiratorias.

Frases S: 2/7/26 Manténgase fuera del alcance de los niños. Manténgase el recipiente bien cerrado. En caso de contacto con los ojos, lávense inmediatamente con agua y acúdase a un médico.

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-STS-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

SECCION 16: INFORMACION ADICIONAL

La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intentada como completa, incluso la manera y

condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

Fuente

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/GomaArabiga_1838.pdf

Proveedor

Gomasnaturales:\$210.56 por kilo

3.- PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.

En el presente estudio se analizaron cuatro tipos de estabilizantes para harinas comerciales de maíz (*Zea mays* L) nixtamalizado producidas en México. Para mostrar las diferentes variaciones en las características físicas y composición de las harinas elaboradas con cada uno de los estabilizantes se sometieron a las siguientes pruebas para caracterizar la harina basándonos en las pruebas en las que pueda afectar los estabilizantes.

- En harina: color, CAAS, rendimiento de harina, humedad, pH y olor.
- En masa: humedad y rendimiento de masa.
- En tortilla: pérdida de peso, olor, rendimiento de tortilla, inflado, humedad, pegado de tortilla, sabor, color, rolabilidad y vida de anaquel.

3.1.- Caracterización de harina.

3.1.1.- Color.

La determinación del color se realizó con un colorímetro Agtron, con el que se midió el color de las harinas colocadas en una caja de petri y cubiertas con una superficie de vidrio plano y transparente; se colocó el equipo sobre esta superficie y se realizó el escaneo del color de la harina. El principio del equipo se basa en registrar la intensidad de la luz absorbida por el color negro, y reflejada por el color

blanco, así como la descomposición de la misma en los colores rojo, azul, amarillo y verde. Los valores que caracterizan a estos colores son a, b, y L.

Materiales y reactivos.

Materiales	Reactivos
Colorímetro Agtron.	
Cubetas de colorímetro para muestras	
Disco estándar para color No. 52,	

Procedimiento.

- 1.- calibrar el equipo con el disco estándar de color.
- 2.- colocar la muestra en la cubeta y aplanarlo bien.
- 3.- colocar la copa en el colorímetro por 5 seg.
- 4.-tomar la lectura y anotar.

3.1.2.- Capacidad de absorción de agua subjetiva.

La capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS) es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa de consistencia apropiada para la preparación de tortillas y es una prueba subjetiva. Se utilizó la metodología descrita por Flores-Farias et al. (2002). Se pesaron 250 g de harina, adicionándose agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia. La cantidad de agua adicionada se registró como la capacidad de absorción de agua de la harina en ml de agua / 250 g de harina.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Batidora Hobart modelo N-50	Agua
Probeta 500 ml	
Balanza analítica	
Espátula	
Cucharón	

Procedimiento

- 1.- agregar 100 ml de agua en la batidora.
- 2.- poner el cucharon en la balanza analítica y tarar.
- 3.- medir 250 gr de harina.
- 4.- poner la harina en la batidora y mezclar.
- 5.- observar si la masa tiene rupturas, si es así agregar 10 ml de agua.
- 6.- repetir 5 hasta que la masa no tenga rupturas.
- 7.- anotar la cantidad de agua que se necesita para tener una masa sin rupturas.

3.1.3.- Rendimiento de harina.

El contenido de agua obtenida de la prueba de CAAS es utilizado para hacer esta prueba. Mediante un penetrómetro que hace introducir una varilla de punta metálica a la masa para saber el rendimiento de la harina. Realizando los siguientes cálculos para determinar el rendimiento.

$$R.M. = \frac{D_1 + D_2}{2}$$

Penetración optima estándar = 180

Si $\bar{P} > 180$: la masa tiene exceso de agua.

Si $\bar{P} < 180$: a la masa le falta agua.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Batidora Hobart modelo N-50	Agua
Probeta 500 ml	
Balanza analítica	
Espátula	
Cucharón	
Penetrómetro	

Procedimiento

- 1.-colocar en la batidora 250 gr. de harina.
- 2.-agregar 290 ml de agua.

- 3.- batir 15 seg. A velocidad baja y 15 seg. A velocidad alta.
- 4.-formar un cilindro de masa que tenga un diámetro aproximado a su altura. Realizar esto en 30 seg y reposar 1 min. Se pesa el cilindro de masa en una balanza analítica.
- 5.-cerceorarse que la aguja indicadora en la carátula del penetrómetro marque "0".
- 6.-colocar el cilindro de masa sobre la base del penetrómetro. Ajustar el cono para que quede lo más cercano posible del cilindro sin llegar a tocarlo con la manija de ajustes de altura. Realizar esto en 20 seg.
- 7.- Accionar el sistema automático de cada de cono a masa y tomar la primera lectura de penetración, bajando la varilla de medición.
- 8.-apresurar la rotación del cono de masa y la colocación del cono del penetrómetro sobre la superficie de la masa, esperar que el sistema automático dispere el penetrómetro para tomar la segunda lectura.

3.1.4.- Humedad en harina.

El contenido de humedad fue determinado mediante el método 44-15 (AACC, 2000), donde 10 g de muestra fueron colocados en una estufa a $140 \pm 1^\circ\text{C}$ por 30 min ± 1 min. Las determinaciones de humedad fueron determinadas por triplicado.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Estufa Brabender	
Capsula Brabender de peso constante (11.5gr)	
Balanza Brabender	
Pinzas	
Espátula	

3.1.5.- pH.

Éste fue determinado en las harinas a temperatura ambiente, según el procedimiento descrito por 02-52 AACC (1995). Se mezclaron 10 g de harina y 90

mL de agua destilada a temperatura ambiente durante 15 minutos, posteriormente la mezcla se dejó reposar por 30 minutos. Se determinó el pH del sobrenadante por triplicado, con un potenciómetro (CONDUCTRONIC PC45) previamente calibrado con estándares 7 y 10.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Vaso de precipitado de 100 ml	Agua destilada
Balanza analítica	
pHmetro	

Procedimiento

- 1.- pesar 10 g. de harina.
- 2.- agregarlo en el vaso de precipitado.
- 3.- adicionar 90 ml de agua destilada.
- 4.- leer el pH
- 5.-anotar.

3.1.6.- Olor.

Tomar una muestra de harina y acercar la punta de la nariz, esta determinación debe ser inmediatamente después de la determinación del rendimiento. Para la realización de este análisis se deberá conocer previamente el estándar de olor, el cual es renovado cada mes.

El resultado del análisis de olor se reporta de la siguiente manera:

MB= Muy bueno, olor superior al estándar, aceptado.

B= Bueno, olor igual al estándar, aceptado.

R= Regular, olor ligeramente inferior al estándar, se acepta por no afectar la calidad del producto.

M= Malo, olor no conforme, rechazado.

En caso de detectar olor calificación M, describir el olor dentro de los siguientes parámetros.

Acido, añejo, papel, rancio, amargo y/o jabonoso.

3.2.- Caracterización de masa.

3.2.1.- Humedad en masa.

El agua existe en dos formas generales: "agua libre" y "agua ligada". El agua libre o absorbida, que es forma predominante, se libera con facilidad y es estimada en la mayor parte de los métodos usados para el cálculo de contenido de agua. El agua ligada se halla combinando o absorbida. Se encuentra en los alimentos con agua de cristalización (hidrato) o ligada a las proteínas. Parte de la misma permanece ligada al alimento incluso a la temperatura que lo carboniza.

La determinación de humedad puede ser el análisis más importante llevado a cabo en un producto alimentario y, sin embargo, puede ser el análisis del que es más difícil obtener resultados exactos y precisos. La materia seca que permanece en el alimento posterior a la remoción del agua se conoce como sólidos totales. Este valor analítico es de gran importancia económica para un fabricante de alimentos, ya que el agua es un "llenador barato".

El contenido de humedad fue determinado mediante el método 44-15 (AACC, 2000), donde se pellizco pequeño trozos para tener un peso 10 g de muestra fueron colocados en una estufa a $140 \pm 1^\circ\text{C}$ por 45 min ± 1 min. Las determinaciones de humedad fueron determinadas por triplicado.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Estufa Brabender	
Capsula Brabender de peso constante (11.5gr)	
Balanza Brabender	
Pinzas	
Espátula	
Juego de pesas analíticas	

Procedimiento

- 1.- hacerla en pequeños trozos.
- 2.- pesar 10 gr de muestra en la capsula Brabender.
- 3.- colocar la muestra en la estufa Brabender.
- 4.- esperar 45 min +/- 2 min.
- 5.- leer el resultado del equipo.
- 6.-anotar la lectura.

3.2.2.- Rendimiento de masa.

El rendimiento de masa se calculó con el valor obtenido de la capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS), con ese dato se hizo una corrida en maquina tortillera con un saco de 20 kg con la goma seleccionada.

$$\text{rendimiento bruto} = \frac{\text{Kg. de tortilla empacada} + \text{Kg. de desperdicio} + \text{Kg. de tortilla masa sobrante}}{\text{Kg. de harina usada.}}$$

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Maquina tortillera	
Balanza analítica	
Papel de grado alimenticio	

Procedimiento

- 1.- pesar los Kg de tortilla empacada.
- 2.- pesar los Kg de desperdicio.
- 3.- pesar los Kg de masa sobrante.
- 4.- hacer el cálculo.

5.- anotar el resultado.

3.3.- Caracterización de la tortilla.

Con la masa obtenida se elaboraron las tortillas usando una maquina tortilladora (Tortec, Celorio, Verastegui, T-3000, etc) Con una abertura de rodillos uniforme, de este modo, se obtuvieron tortillas con un espesor de 1.2 mm y diámetro de 12.5 cm. Se coció la tortilla en un comal a temperatura de 260 a 280°C, la cual fue registrada por medio de una pistola infrarrojo. Los tiempos de cocimiento fueron de 17 segundos por un lado para formar la capa delgada, volteado, 30 segundos en la segunda cara para producir la capa gruesa y se regresó a su lado original para continuar el cocimiento por 19 segundos más hasta lograr el inflado de la tortilla. Después del cocimiento, las tortillas se colocaron en papel de grado alimenticio.

3.3.1.-Pérdida de peso en tortillas.

Se determinó este parámetro de acuerdo a lo reportado por Figueroa y col. (2001) por diferencia de peso de la tortilla cruda y peso de la tortilla cocida atemperada a 30°C.

La determinación de pérdida de peso se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\%PP = \frac{(PT\ cruda - PT\ cocida)}{PT\ cruda} * 100$$

Dónde:

PP= Pérdida de peso.

PT= Peso de tortilla en gramos.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Balanza analítica	

Procedimiento

- 1.- tomar 3 tortillas crudas de la tortillera.
- 2.- promedio de pesar las 3 tortillas crudas.
- 3.- tomar 3 tortillas cocidas de la tortillera.
- 4.- promedio de pesar las 3 tortillas cocidas.
- 5.- hacer el cálculo
- 6.- anotar el resultado.

3.3.2.- Olor.

Tomar una muestra de tortilla y acercar la punta de la nariz. Para la realización de este análisis se deberá conocer previamente el estándar de olor, el cual es renovado cada mes.

El resultado del análisis de olor se reporta de la siguiente manera:

MB= Muy bueno, olor superior al estándar, aceptado.

B= Bueno, olor igual al estándar, aceptado.

R= Regular, olor ligeramente inferior al estándar, se acepta por no afectar la calidad del producto.

M= Malo, olor no conforme, rechazado.

En caso de detectar olor calificación M, describir el olor dentro de los siguientes parámetros.

Acido, añejo, papel, rancio, amargo y/o jabonoso.

3.3.3.-Rendimiento de tortilla.

Este parámetro se calculó en relación al rendimiento de masa y a la CAAS, a través de la siguiente fórmula.

$$RT = \frac{PT \text{ cruda}}{PT \text{ cocida}} * RM$$

Dónde:

RT= Rendimiento de tortilla en g tortilla/ g harina.

PT= Peso de tortilla.

RM= Rendimiento de masa en g masa/ g harina.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Balanza analítica	

Procedimiento

- 1.- tomar 3 tortillas crudas de la tortillera.
- 2.- promedio de pesar las 3 tortillas crudas.
- 3.- tomar 3 tortillas cocidas de la tortillera.
- 4.- promedio de pesar las 3 tortillas cocidas.
- 5.- hacer el cálculo
- 6.- anotar el resultado.

3.3.4.- Inflado de la tortilla.

Esta prueba subjetiva se hizo observando el inflado de las tortillas durante la fase de cocimiento, donde se evaluó el tamaño de la ampolla, tal como se muestra en la Figura. Se asignó una calificación de 1 a 3 a las tortillas, donde 1 es inflado completo, 2 es inflado intermedio y 3 sin inflado (Figueroa, 2001).



3.3.5.-Humedad en tortilla.

El contenido de humedad fue determinado mediante el método 44-15 (AACC,

2000), donde se molió la muestra de tortilla en pequeños trozos 10 g de muestra fueron colocados en una estufa a $140 \pm 1^\circ\text{C}$ por $45 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$. Las determinaciones de humedad fueron determinadas por triplicado.

Materiales y reactivos

Materiales	Reactivos
Estufa Brabender	
Capsula Brabender de peso constante (11.5gr)	
Balanza Brabender	
Pinzas	
Espátula	

Procedimiento

- 1.- hacerla en pequeños trozos.
- 2.- pesar 10 gr de muestra en la capsula Brabender.
- 3.- colocar la muestra en la estufa Brabender.
- 4.- esperar 45 min +/- 2 min.
- 5.- leer el resultado del equipo.
- 6.-anotar la lectura.

3.3.6.- Pegado de tortilla.

Esta prueba se llevó a cabo mediante apilar 100 tortillas recién hechas dejándolas reposar durante 1 hr para luego separar las tortillas una a una y contar el número de tortillas despellejadas, así determinar el porcentaje y reportarlo.

3.3.7.- Sabor de tortilla.

Esta prueba sensorial del producto se llevó a cabo tomando una muestra de tortilla y degustarla. Para la realización de este análisis se deberá conocer previamente el estándar de sabor, el cual es renovado cada mes.

El resultado del análisis de sabor se reporta de la siguiente manera:

MB= Muy bueno, sabor superior al estándar, aceptado.

B= Bueno, sabor igual al estándar, aceptado.

R= Regular, sabor ligeramente inferior al estándar, se acepta por no afectar la calidad del producto.

M= Malo, sabor no conforme, rechazado.

En caso de detectar sabor calificación M, describir el olor dentro de los siguientes parámetros.

Acido, añejo, papel, rancio, amargo y/o jabonoso.

3.3.8.-Color de las tortillas.

El color de las tortillas se midió extrayendo al azar 5 tortillas de la bolsa de cada réplica y tomando la lectura de cada una con un colorímetro Agtron, midiendo directamente en la cara más gruesa de la tortilla, debido a que es la cara con color más uniforme. El colorímetro se calibró previamente utilizando dos mosaicos; uno negro y uno blanco, dando una lectura en una escala de 3 coordenadas L, a, b; para definir la posición del color en un espacio tridimensional y esférico en valor absoluto.

Materiales y reactivos.

Materiales	Reactivos
Colorímetro Agtron.	
Cubetas de colorímetro para muestras	
Disco estándar para color No. 52,	

Procedimiento.

- 1.- calibrar el equipo con el disco estándar de color.
- 2.- colocar la muestra en la cubeta y aplanarlo bien.
- 3.- colocar la copa en el colorímetro por 5 seg. Y tomar la lectura.

3.3.9.-Rolabilidad.

La rolabilidad es un parámetro que nos indica la flexibilidad que presenta la tortilla (Suhendro et al., 1998). La rolabilidad fue evaluada por el procedimiento reportado por Waniska (1976). Donde se toma una tortilla en la mano y se presiona. La ruptura de la tortilla fue evaluada usando una escala de 1 a 5, donde 5 correspondió a una tortilla sin ruptura, 3 a una tortilla con ruptura parcial, y 1 fue a una tortilla con ruptura completa. Cinco tortillas fueron medidas por tratamiento.

3.3.10.-Evaluación de vida útil en tortillas.

La evaluación de la vida útil de las tortillas se realizó empacando de 20-30 tortillas en 30-40 paquetes cada 4 hrs. de elaboradas las tortillas. Luego de su preparación, las tortillas se enfriaron y guardaron en bolsas de plástico a temperatura ambiente, cada día se tomaron tres tortillas para realizar las mediciones de humedad, pH, color, formación de colonias hongos y olor a fermentado o descomposición. Así mismo se observó que las tortillas se mantuvieron en buenas condiciones; sin desarrollo microbiano.

Materiales y reactivos.

Materiales	Reactivos
Balanza analítica	
Papel de grado alimenticio	
Hielera	

Procedimiento.

- 1.- se pesan paquetes de tortillas de 1 Kg.
- 2.- se empacan.
- 3.- se almacenan en la hielera.
- 4.- se anota algún cambio en ellos.

4.- PRUEBAS ANALÍTICAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Para llevar a cabo la comparación se hicieron primero muestras de 500 gr de harina con combinaciones de Guar - Arábica, CMC – Xanthana, Guar – Xanthana, CMC – Arábica a diferentes proporciones que van del 30% al 70% de estabilizantes usado comúnmente en la elaboración de la harina que es de 1.5 kg de estabilizante en una tonelada de harina.

4.1.- Capacidad de absorción de agua subjetiva (CAAS)

En esta prueba se trata de saber la cantidad de agua necesaria para tener una masa uniforme sin aberturas que indicarían la falta de agua. El experimento fue llevado a cabo donde se encontró que la cantidad de agua necesaria es de 1.4 Lt. por Kilo de harina.

4.2.- Caracterización de harina producida actualmente.

Para empezar con la comparación debemos saber primeramente la calidad del producto actual para ello se consultó con la tabla de calidad de Hari masa del sureste que contiene como estabilizantes 70% de CMC y 30% de Guar.

Harina	Masa	Tortilla
pH: 5.20 -5.40	Rendimiento: 2380 – 2440	Apariencia: B
Color seco: 87↑		Inflado: 1
Color húmedo: 40↑		Sabor: B
Humedad: 10% - 30%		Resistencia: 5

4.3.- Análisis a nivel laboratorio de las mezclas de los estabilizantes.

0.75 gr de goma = 500 gr de harina

30 % = 0.22 gr 40 % = 0.3 gr. 50 % = 0.37 gr. 60 % = 0.45 gr. 70 % = 0.52 gr.

Color

Color seco/Color humedo

Humedad:

N.C.: Numero de capsula

Hs: Hora de salida de la capsula.

P.C.: Peso de capsula

Pi.C: Peso de salida de la capsula

H: % Humedad calculada

CMC – Xanthana

CMC	30%	40%	50 %	60%	70%																				
Xanthana	70%	60%	50%	40%	30%																				
H A R I N A																									
pH	5.45	5.28	5.46	5.56	5.46																				
Color	86/44	85/42	85/41	84/41	84/41																				
Humedad	N.C= 4 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs=10:50 hr. H= 12.85 %	N.C= 0 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.7 gr. Hs= 11:20 hr. H=12.28 %	N.C= 2 P.C= 11.5 gr. Pi.C= 16.9 gr. Hs= 11:40 hr. H= 21.39 %	N.C= 9 P.C= 11.5 gr. Pi.C= 17 gr. Hs= 12:20 hr. H= 20.93 %	N.C= 0 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 12:50 hr. H= 12.85 %																				
M A S A																									
Rendimiento	2424.3	2414	2485	2408	2463																				
T O R T I L L A																									
Apariencia	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
	B	B	B	MB	MB	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	MB	B	B	B	MB	B	B	MB
Inflado	3	3	2	2	2	2	1	3	3	3	2	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1
Sabor	R	R	M	M	M	B	B	B	M	B	R	R	R	M	M	R	R	B	R	B	B	B	B	B	B
Resistencia	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	5	5	3
Textura	Pegajosa					Chiclosa					Amarga					Chiclosa									

Guar – Arábiga.

Guar	30%	40%	50 %	60%	70%
Arábiga	70%	60%	50%	40%	30%
H A R I N A					
pH	5.39	5.51	5.46	5.46	5.46
Color	84/41	86/43	84/42	81/39	82/40
Humedad	N.C= 0 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs=13:10 hr. H= 12.85 %	N.C= 0 P.C= 11.5 gr. Pi.C= 17 gr. Hs= 13:40 hr. H=20.93%	N.C= 9 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 15:00 hr. H= 12.85 %	N.C= 7 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 15: 15 hr. H= 12.85 %	N.C= 0 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 15:40 hr. H= 12.85 %
M A S A					
Rendimiento	2455.7	2422.9	2424.4	2400.3	2418.9
T O R T I L L A					
Apariencia	1 2 3 4 5 B B B B B	1 2 3 4 5 B B R B B	1 2 3 4 5 B B B B B	1 2 3 4 5 B B R B B	1 2 3 4 5 B B B B B
Inflado	2 1 1 2 1	3 3 3 3 3	1 1 2 1 1	3 1 2 3 3	3 1 3 3 1
Sabor	B B R R B	M M B B M	R R B B R	M M B M M	R R R R R
Resistencia	3 5 3 3 5	3 3 3 5 5	5 3 5 5 3	3 3 3 5 3	3 3 5 3 5
Textura	Amargo	Chiclosa	Chiclosa	Chiclosa	Chiclosa

CMC – Arábiga.

CMC	30%	40%	50 %	60%	70%
Arábiga	70%	60%	50%	40%	30%
H A R I N A					
pH	5.46	5.51	5.55	5.57	5.55
Color	82/41	84/42	85/42	77/38	77/36
Humedad	N.C= 9 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs=12:10 hr. H= 12.85 %	N.C= 7 P.C= 11.5 gr. Pi.C= 17 gr. Hs= 12:50 hr. H=20.93 %	N.C= 2 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 13:18 hr. H= 12.85 %	N.C= 5 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.6 gr. Hs= 12:41 hr. H= 12.57 %	N.C= 6 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 15:10 hr. H= 12.85 %
M A S A					
Rendimiento	2431	2497	2438.8	2446.6	2461
T O R T I L L A					
Apariencia	1 2 3 4 5 B B B B B	1 2 3 4 5 MB B MB MB B	1 2 3 4 5 B R R R B	1 2 3 4 5 B B R R B	1 2 3 4 5 B R R B R
Inflado	3 3 2 3 3	1 1 2 1 1	2 2 1 1 2	3 3 2 3 3	3 2 2 3 3
Sabor	R R B R R	B B MB MB B	R R B B R	R M R R M	B R R B M
Resistencia	3 3 5 3 3	5 5 3 5 3	5 3 3 5 1	3 1 1 3 3	1 3 3 3 5
Textura	Pegajosa	suave	Amarga	Amarga	Chiclosa

Guar – Xanthana.

Guar	30%	40%	50%	60%	70%
Arábiga	70%	60%	50%	40%	30%
H A R I N A					
pH	5.36	5.41	5.52	5.51	5.53
Color	81/43	80/41	81/45	81/39	77/40
Humedad	N.C= 9 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs=14:10 hr. H= 12.85 %	N.C= 7 P.C= 11.5 gr. Pi.C= 17 gr. Hs= 15:50 hr. H=20.93 %	N.C= 2 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 15:18 hr. H= 12.85 %	N.C= 5 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.6 gr. Hs= 14:41 hr. H= 12.57 %	N.C= 6 P.C= 25 gr. Pi.C= 30.5 gr. Hs= 16:10 hr. H= 12.85 %
M A S A					
Rendimiento	2451	2477	2445.8	2466.6	2456
T O R T I L L A					
Apariencia	1 2 3 4 5 B B B B B	1 2 3 4 5 MB B MB MB B	1 2 3 4 5 B R R R B	1 2 3 4 5 B B R R B	1 2 3 4 5 B R R B R
Inflado	3 3 2 3 3	3 3 2 3 3	2 2 3 3 2	3 3 2 3 3	3 2 2 3 3
Sabor	R R B R R	B R R R B	R R B B R	R M R R M	B R R B M
Resistencia	3 3 5 3 3	5 5 3 5 3	5 3 3 5 1	3 1 1 3 3	1 3 3 3 5
Textura	Pegajosa	Amarga	Amarga	Amarga	Chiclosa

4.4.- Análisis en Tortillería.

Después de haber llevado acabo las muestras a nivel laboratorio se analizaron los resultados y se llevó a cabo en tortillería el mejor resultado obtenido que fue el de CMC 40% y Arábiga 60% y para hacer un experimento real en vez de usar 28 Lt. De agua se usaron 29 Lt. Puesto que el cliente no usa lo especificado del producto sino un poco más. Se observó el siguiente comportamiento.

Balance:

Goma CMC: 12 gr.
Goma Arábiga: 18 gr.



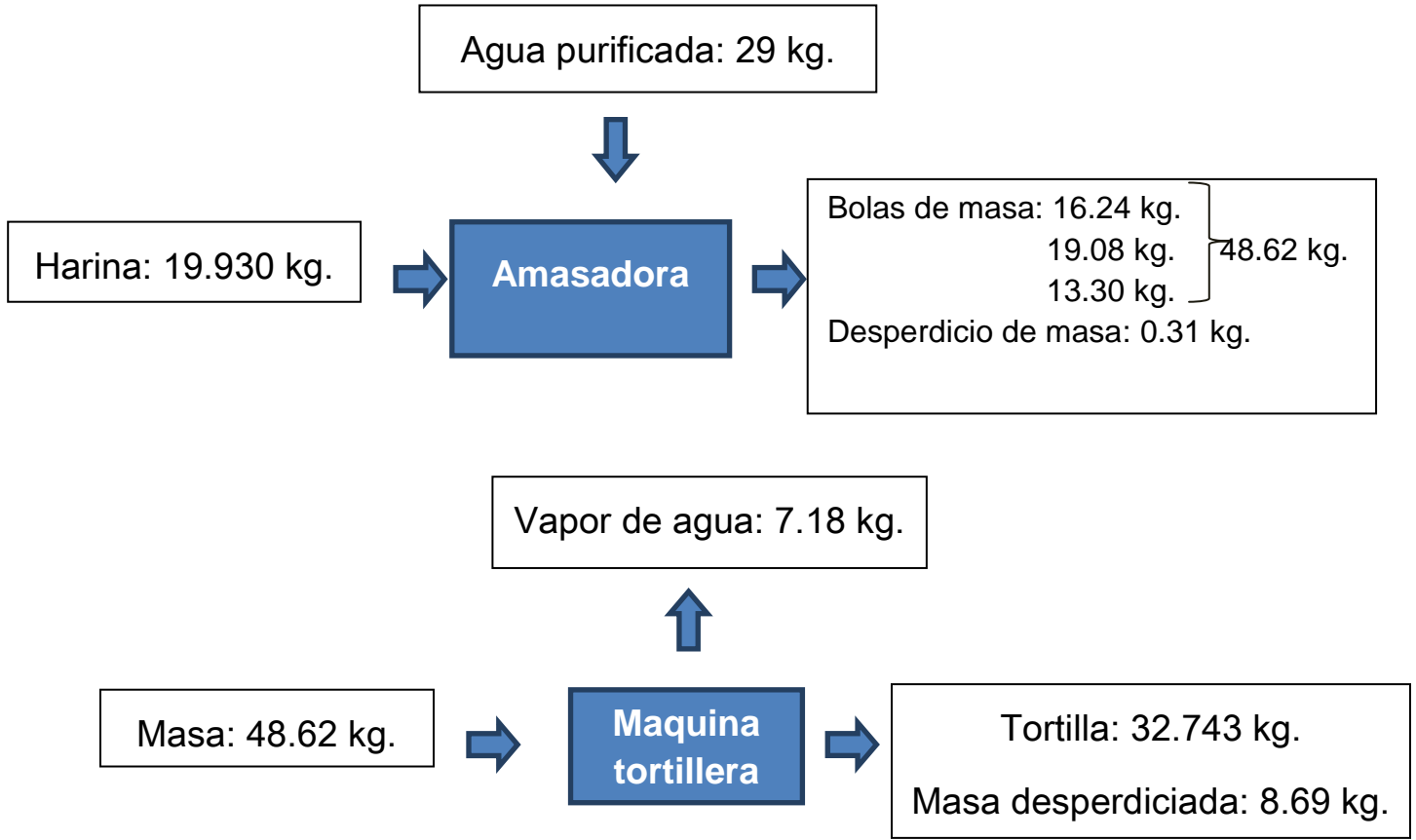
Harina: 19.9 kg.



Mezcladora



Harina: 19.930 kg.



Masa

Humedad: 28.83 %

Olor: B

Apariencia: B

Rendimiento: 2480.5

Tortilla

Apariencia: B

Inflado: 1

Olor: B

Sabor: B

Resistencia: 5

Vida de anaquel: después de 3 días al recalentarse no tiene sabor extraño.

Color: 11

Humedad: 14.57 %

% de deshidratación: 21.95 %

Textura: suave

N. de pegado de tortilla: ninguna

5.- CONCLUSIÓN.

En base a lo observado en la investigación las técnicas usadas en este proyecto como son la rolabilidad, punción y extensibilidad, pueden ser utilizadas para medir cambios en textura de tortillas recién elaboradas, almacenadas o que han sido modificadas en su formulación original, debida principalmente a que este tipo de técnicas son confiables, cuantificables, reproducibles. Las técnicas antes mencionadas pueden ser de gran utilidad también para el control de procesos, modificación de líneas de producción, así como para establecer metodologías mediante las cuales se controle la calidad durante la producción y almacenamiento de un producto básico como lo es la tortilla para los mexicanos.

La adición de goma Arábica al 60% y la reducción de CMC al 40% mantuvo el contenido de humedad con lo que se retrasó la formación de una estructura rígida durante el periodo de almacenamiento, provocando que el fenómeno de retrogradación se llevara a cabo lentamente, con lo que se dispone de una tortilla con las características de un producto recién elaborado, es decir es suave, flexible y puede enrollarse sin romperse durante mayores periodos de tiempo, con base en los parámetros de textura antes obtenidos por lo que la mezcla de Arábica al 60% y CMC al 40% fue un buen sustituto y hubo una reducción de costo en la mezcla utilizada actualmente. El único problema encontrado durante el maquilado es que la masa se hizo pegajosa lo que hace que se adhiera a las paredes de la máquina y sea difícil de manejar al final del lote.

Masa	Tortilla	
Humedad: 28.83 %	Apariencia: B	Color: 11
Olor: B	Inflado: 1	Humedad: 14.57 %
Apariencia: B	Olor: B	% de deshidratación: 21.95 %
Rendimiento: 2480.5	Sabor: B	Textura: suave
	Resistencia: 5	N. de pegado de tortilla: ninguna
	Vida de anaquel: después de 3 días al recalentarse no tiene sabor extraño.	

6. - FUENTES DE INFORMACIÓN.

ARÁMBULA VILLA Gerónimo, Mauricio, S. R. A., Figueroa C. J. D., González Hernández J. Y Ordorica F. C. A., 1999. Corn masa and tortillas from extruded instant corn flour containing hydrocolloids and lime. *Journal of Food Science*, 64: 1: 1999.

ARÁMBULA VILLA Gerónimo, Méndez Albores J. Abraham, González Hernández Jesús, Gutiérrez Árias Edmundo y Moreno Martínez Ernesto, 2004. Evaluación de una metodología para determinar características de textura de tortilla de maíz (*Zea mays* L.) *ALAN*, 54:

BAZUA, C.D.; Guerra, R.; Sterner, H. 1979. Extruded corn flour as an alternative to lime-heated corn flour for tortilla preparation. *J. Food Sci.* 44:940.

BRESSANI R., Castillo, S.V., Guzmán, M.A. 1962. The nutritional evaluation of Processed whole corn flour. *Agriculture. J. Food Chemistry.* 10: 308-312.

BRESSANI R., Turcios Juan C., Reyes Luis y Mérida Robería, 2001. Caracterización física y química de harinas industriales nixtamalizadas de maíz de consumo humano en América Central. *ALAN* 51: 3.

CALAVERAS Jesús, 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. Mundi-Prensa Libros. ISBN 8484761479, 9788484761471

CORTEZ A., Wild Altamirano C. 1972. Contribución a la tecnología de la harina de maíz. *INCAP L-3*, p. 90-106. Guatemala, INCAP.

CUEVAS RODRÍGUEZ E. O., Reyes Moreno C., Eckhoff S. R. y Milán Carrillo J. 2009. Nixtamalized Instant Flour from Corn (*Zea mays* L.) Meal: Optimization of

Consulta web

http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/evaluacion_metodologia_textura_tortilla_maiz.asp. (Mayo 2008).

BANCO DE NORMAS 2004, Norma Oficial Mexicana NMX-F-046-S-1980 Harina de Maíz Nixtamalizado Norma Mexicana, Dirección General de Normas. Sitio web <http://www.colpos.mx/bancodenormas>.

<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-046-S-1980.PDF>. (Marzo 2008)

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Mexicanas vigentes:

NMX-FF-034/2-SCFI-2003	22/05/03	PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO INDUSTRIALIZADOS-PARA USO HUMANO-CEREALES-MAIZ AMARILLO PARA ELABORACION DE ALMIDONES Y DERIVADOS-ESPECIFICACIONES Y METODOS DE PRUEBA.
NMX-F-046-S-1980	03/09/82	HARINA DE MAIZ NIXTAMALIZADO
NMX-F-350-S-1980	29/02/80	ALIMENTOS - CEREALES PRECOCIDOS PARA INFANTES Y NIÑOS DE CORTA EDAD - HOJUELAS Y/O GRANULADOS DE HARINA DE MAIZ CON CHOCOLATE

NMX-FF-034-1995-SCFI 11/08/95

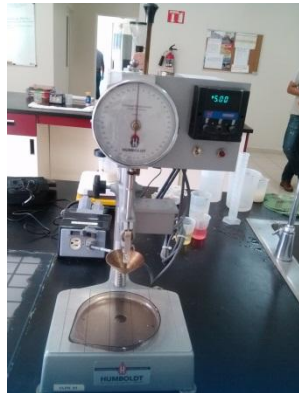
PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO
INDUSTRIALIZADOS - CEREALES - MAIZ
(Zea mays l) - ESPECIFICACIONES Y
METODOS DE PRUEBA

NMX-FF-034/1-SCFI- 22/05/02
2002

PRODUCTOS ALIMENTICIOS NO
INDUSTRIALIZADOS PARA CONSUMO
HUMANO-CEREALES-PARTE I: MAIZ
BLANCO PARA PROCESO ALCALINO
PARA TORTILLAS DE MAIZ Y
PRODUCTOS DE MAIZ NIXTAMALIZADO-
ESPECIFICACIONES Y METODOS DE
PRUEBA.

Anexos

Equipos usados durante el proyecto.



Equipos en mal funcionamiento



Quebrado del electrodo.



Quebrado del display de selección de funciones.



Se fundió el foco.