



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**Elaboración de botanas tipo tortillas chip a partir de
harinas de maíz y amaranto enriquecidas con fibra de
cacahuete**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A :

YAEL GIOVANNY RODRÍGUEZ SÁNCHEZ

**ASESORAS:
DRA. CAROLINA MORENO RAMOS
M. EN C. SELENE PASCUAL BUSTAMANTE**

CUAUTITLÁN IZCALLI , ESTADO DE MÉXICO 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis

Elaboración de botanas tipo tortillas chip a partir de harinas de maíz y amaranto enriquecidas con fibra de cacahuete.

Que presenta el pasante: Yael Jiovanny Rodríguez Sánchez
Con número de cuenta: 309310251 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Junio de 2018.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
VOCAL	Dra. Carolina Moreno Ramos	
SECRETARIO	Dra. María Eugenia Ramírez Ortiz	
1er. SUPLENTE	Dra. María Andrea Trejo Marquez	
2do. SUPLENTE	M. en C. Araceli Ulloa Saavedra	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/javg

Agradecimientos

Me siento agradecido desde el fondo con el universo, que de alguna u otra forma me colocó frente a esta carrera de una forma inesperada. De no ser así, mi presente sería muy distinto y tal vez no estarían aquí aquellas hermosas personas que fuimos unidas por esta carrera y por la grandiosa universidad. Gracias UNAM!

Bety: Sé que al igual que yo, soñaste con este día. Ha sido un largo camino, un largo ciclo que hoy termina. Sin tu apoyo, cariño y el cobijo que me diste durante los años que viví contigo y mis hermanos, no hubiera tenido la fuerza para llegar hasta aquí. Siempre estuviste como un gran guerrero al pie del cañón superando una adversidad tras otra. Gracias por haberme dado el mejor ejemplo, de que no hay mal que por bien no venga, que después de la tormenta viene la calma. Vienen más éxitos, este triunfo es por los dos. Te amo mamá.

Rocío: El sueño de estudiar y aprender lo tuve desde muy pequeño. Recuerdo el interés que tuviste en que aprendiera cosas nuevas, tú me enseñaste a leer y escribir, me regalaste ese aprendizaje así como la historia de por qué quería aprender a escribir. Gracias por haberme llevado contigo a clases, me tatuaste el placer por pertenecer a la UNAM y me sembraste ese sueño de terminar mi carrera. Sé que tú también lo lograras si te intencionas en lograrlo, pues así lo aprendí de ti. Gracias tía!

Daniel: El deseo que tenía por ser médico fue por tu sueño de serlo también. Aunque la vida me condujo por otros caminos (ingeniería en alimentos), sin saberlo me ayudaste a encender la chispa, ya no de estudiar medicina, sino de empezar y terminar una carrera. Además de ser mi tío favorito y una persona inspiradora para mí, te debo muchos aprendizajes y herramientas que aplico en el día a día. Gracias por haberme inspirado.

Magdalena: No me alcanzarían las palabras para describir lo agradecido que me siento contigo. Curiosamente desde que nos conocimos no reprobé ni una materia más, y no es que haya sido malo mi desempeño, sino que tú fuiste mi influencia e inspiración más grande durante estos últimos 4 años. Cuantas veces me caí y tú me ayudaste a levantarme, incontables veces me diste aliento cuando creía que no podía dar más de mí. Cuantas veces me esperaste hasta tarde a que saliera de clases, cuantas veces me llevaste a casa, me ayudaste a estudiar incluso con tus apuntes. Aquella vez que nos levantamos a las 4 para llegar a formarnos para el examen de inglés. Eres un ángel lleno de amor, y le doy gracias a la vida, a la facultad, a la carrera y a la UNAM por haberme permitido conocerte. Esta tesis es para ti también. ¡Nos vemos en la maestría! Te amo.

Axel: Hermano, hemos compartido tantos años de aprendizaje, has sido mi compañero y mejor amigo, y estaré agradecido contigo siempre por ser mi mano derecha, mi consejero, mi inspiración para salir adelante. Si de alguien puedo decir que tiene la fuerza y agallas para salir de cualquier situación, es de ti. He aprendido habilidades que me enseñaste sin darte cuenta. Sé que de igual forma te apoyas en mí cuando llegas a sentirte incapaz de hacer algo. Esta tesis también va dedicada para ti. No te rindas, sí se puede, por muy largo o tormentoso que se vea el camino.

Betita: Hermanita mía, tal vez veas algo lejos el término de una carrera, pues estás iniciando tu preparatoria, y aunque estoy saliendo, recuerda siempre que tu mejor amigo serás tú misma, tu convicción, intuición y fortaleza, en ellos puedes confiar siempre. Ya llegará tu

momento de vivir esta experiencia, mientras tanto quiero darte las gracias por haberme permitido tocar tu corazón en cada consejo, por haber estado para mí en esos momentos de arduo trabajo. Cuando me estresaba de hacer tareas o deberes de la escuela y cantábamos con Axel alguna canción para desestresarnos. Siempre lo recordaré.

Magdalena: Nunca había tenido una terapeuta antes, pero, ¡para mí eres la mejor! Cada sesión contigo me ha hecho cruzar la puerta de tu casa sintiéndome mejor que antes de llegar. Todas esas lágrimas, miedo, frustración, apego que me has ayudado a transmutar, me han permitido tomar fuerza para terminar mi tesis. Cuánto sufrí por ver lejos mi titulación, ahora está a la vuelta de la esquina. Gracias por recordarme cada sesión que este era mi objetivo de mayor prioridad.

Gracias a la Dra. Caro por haberme apoyado y sustentado a lo largo de este proyecto, a Selene Pascual por su gran apoyo en todo momento, así como al laboratorio de postcosecha por haberme permitido realizar la experimentación que sustentó este proyecto.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	2
1. ANTECEDENTES.....	4
1.1 Maíz	4
1.1.1 Aspectos generales del maíz	4
1.1.2 Aspectos botánicos y químicos del maíz.....	4
1.1.3 Producción de maíz en México	7
1.2 Amaranto.....	8
1.2.1 Aspectos generales del amaranto.....	8
1.2.2 Propiedades del amaranto	9
1.2.3 Producción de amaranto	10
1.3 Procesamiento de cereales	12
1.3.1 Harina de maíz	13
1.3.1.1 Proceso de obtención de harina de maíz nixtamalizado	14
1.3.1.2 Ventajas del uso de harinas de maíz nixtamalizado	14
1.3.2 Usos del Amaranto	15
1.4 Botanas	16
1.4.1 Consumo y mercado de botanas en México	16
1.4.2 Mercado.....	17
1.4.3 Tipos de botanas	19
1.4.4 Tortillas chip.....	22
1.4.4.1 Proceso de elaboración de botanas tipo tortillas chip	23
1.5 Principales problemas de alimentación del consumo de botanas	25
1.6 Alimentos funcionales.....	26
1.6.1 Principales compuestos de los alimentos funcionales	27
1.6.1.1 Probióticos y Prebióticos	28
1.6.1.2 Fibra.....	29
1.6.1.1.1 Clasificación de fibra.....	29
1.6.1.1.2 Beneficios del consumo de alimentos ricos en fibra	30
1.6.1.1.3 Fibra de cacahuete	32

2. OBJETIVOS	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1 Material biológico	35
3.2 Tratamiento de la materia prima.....	35
3.3 Evaluación de la calidad de las harinas.....	35
3.4 Formulación y condiciones de proceso.....	36
3.5 Evaluación de prototipos de tortillas chip.....	38
3.6 Evaluación de la calidad higiénica de los productos	39
3.7 Determinación de Propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas.....	39
3.8 Desarrollo de la etiqueta del producto terminado.....	40
3.9 Técnicas analíticas	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 Evaluación de la calidad en las harinas de maíz y amaranto para elaborar una botana tipo tortilla chip	46
4.2 Selección del prototipo tortilla chip	47
4.3 Evaluación microbiológica de la botana tipo tortilla chip	50
4.4 Evaluación de las propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas	52
4.4.1 Humedad	52
4.4.2 Proteínas	53
4.4.3 Carbohidratos	53
4.4.4 Lípidos	54
4.4.5 Fibra	55
4.4.6 Cenizas.....	56
4.4.7 Color	56
4.4.8 Acidez.....	58
4.5 Elaboración de la etiqueta del producto terminado	61
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES.....	66
5. REFERENCIAS	71

Índice de tablas

Tabla 1. Composición química proximal de los granos de maíz.	6
Tabla 2. Perfil de aminoácidos presentes en el maíz.	7
Tabla 3. Variedades y uso de maíz.	7
Tabla 4. Cuadro comparativo entre las características del amaranto	9
Tabla 5. Cuadro comparativo entre las características del amaranto y otros cereales.	10
Tabla 6. Principales estados productores de amaranto.....	12
Tabla 7. Principales empresas productoras de botanas en México.	18
Tabla 8. Clasificación de botanas de acuerdo a su proceso.....	21
Tabla 9. Ingredientes para la elaboración de tortillas chip.....	22
Tabla 10. Formulación para la elaboración de tortillas chip convencionales	36
Tabla 11. Tabla Formulación para la elaboración de botana tipo tortillas chip.....	36
Tabla 12. Técnicas utilizadas para el análisis microbiológico.....	39
Tabla 13. Técnicas establecidas para la determinación de las diferentes propiedades....	40
Tabla 14. Factores Atwater para calcular la energía disponible en alimentos.	41
Tabla 15. Resultados de las pruebas de calidad del material biológico.....	46
Tabla 16. Resultados del análisis microbiológico.	50
Tabla 17. Humedad de las harinas utilizadas para la elaboración de tortillas chip.	51
Tabla 18. Presencia de microorganismos en diferentes botanas.	51
Tabla 19. Resultados del análisis químico proximal (porcentaje).	52
Tabla 20. Composición química para diferentes marcas de botanas (porcentaje).....	60
Tabla 21. Información del producto terminado Tortillas chip “Greens”.	61
Tabla 22. Información nutrimental de tortillas chip.	62

Índice de figuras

Figura 1. Estructura del grano de maíz.	5
Figura 2. Principales estados productores de maíz.	8
Figura 3. Hectáreas sembradas por país.	11
Figura 4. Harina de maíz.	13
Figura 5. Consumo de botanas en México.	17
Figura 6. Rosetas. “palomitas de maíz”	19
Figura 7. Productos extruidos	20
Figura 8. Productos nixtamalizados.	21
Figura 9. Tortillas chip.	22
Figura 10. Proceso de elaboración de tortillas chip.	24
Figura 11. Diagrama de proceso para la elaboración del prototipo de tortillas chip.	37
Figura 12. Formato de evaluación sensorial.	38
Figura 13. Evaluación del sabor en los prototipos de la botana tipo chip.	48
Figura 14. Evaluación de la textura en los prototipos de la botana tipo chip	49
Figura 15. Luminosidad para ambos prototipos	56
Figura 16. Color de tortillas chip prototipo y convencionales.	57
Figura 17. Porcentaje de Acidez evaluado en el prototipo	58
Figura 18. Etiqueta frontal para el producto terminado GREENS.	63
Figura 19. Etiqueta posterior para el producto terminado GREENS.	64

RESUMEN

Las botanas son uno de los alimentos preferidos por consumidores mexicanos, debido a su sabor, textura y por estar listos para consumirse. Se encuentran en cualquier punto de venta a precios accesibles y suelen acompañar las reuniones con familiares y amigos. Son alimentos con un alto contenido de calorías, grasas, carbohidratos y sal, contribuyendo al desarrollo de sobrepeso, obesidad y enfermedades cardiovasculares en el consumo de grandes raciones. En el presente trabajo se elaboraron botanas tipo tortillas chip con harinas de maíz y amaranto, partiendo de una formulación estándar para crear un modelo convencional, así como un prototipo. Primero se determinó el contenido de humedad con base en la NMX-F-083-1986; seguido del análisis microbiológico con base en las normas NMX-F-255-1978, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-247-SSA1-2008, estableciendo así la calidad de las harinas. Posteriormente se procedió a realizar ensayos para encontrar la mejor proporción de harinas para elaborar un prototipo final de tortillas chip. Las proporciones propuestas fueron: amaranto-maíz (80%-20%, 70%-30% y 60%-40%), con las cuales se elaboraron tres formulaciones y después se evaluaron sensorialmente mediante una prueba hedónica de aceptación para conocer la proporción de harinas más agradable para los panelistas. Sin embargo en la formulación convencional no se hizo modificación alguna, pues se tomó como referencia para estudiar los cambios en las propiedades químicas de la tortilla chip prototipo final. Para esta formulación se realizaron ensayos para establecer las condiciones del proceso de elaboración, posteriormente se agregó povidona marca Millikan y fibra de cacahuate para obtener un alimento funcional. A continuación las tortillas chip tanto convencionales como prototipo se analizaron microbiológicamente determinando hongos y levaduras, coliformes totales, y mesófilos aerobios con base en las normas NMX-F-255-1978, NOM-113-SSA1-1994 y NOM-247-SSA1-2008. Los resultados obtenidos fueron, coliformes totales ausentes en ambos productos, la cuenta de hongos y levaduras así como la cuenta de mesófilos aerobios dentro de los límites permitidos. Después se realizó un Análisis Químico Proximal para comparar los cambios en las propiedades químicas, en donde las tortillas chip prototipo presentaron un incremento de proteínas del 25.30% y 27.93% en fibra dietética, una reducción de grasa del 34%, un aporte calórico de 5.67% menor en comparación con las tortillas chip convencionales de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994. Por último se desarrolló la etiqueta del producto terminado con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

INTRODUCCIÓN

Algunos de los productos más demandados por la población han sido los alimentos denominados botanas o *Snacks*, los cuales son alimentos listos para consumirse, dulces o salados, que se consumen entre comidas, por la simple necesidad de comer, por carencia de tiempo para cocinar, por hambre, por antojo, convivencia social o laboral, etc. Los niños y jóvenes presentan una preferencia evidente hacia las botanas. Esto puede ser debido a que el fenómeno publicitario constituye uno de los pasos que condicionan el cierre del proceso producción–consumo. En estas etapas de la vida, la cantidad y calidad nutricional de la proteína son particularmente importantes debido a su esencial función en el desarrollo físico y mental (Amador, 2015).

Se consideran *botanas* a aquellos productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, y tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, reventados, cubiertos, extrudidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (PROY-NOM-216-SSA1-2002).

Existen diversos tipos de botanas en el mercado, entre ellos se encuentran, la tortilla chip, que es un aperitivo elaborado a base de tortillas de harina de maíz aplastadas y fritas en aceite vegetal. Las cuales se elaboran con ingredientes muy básicos como son maíz, aceite vegetal, sal y agua (AOAC, 2009).

El consumo de botanas en nuestro país se lleva acabo de manera exorbitante, pues son productos atractivos por su sabor, presentación, costo y variedad, además de que están en todos lados, en cualquier tienda de autoservicio, en la tiendita más cercana, en el súper, etc.

Las botanas se producen principalmente a partir de harinas de maíz y/o trigo, agua, sal y aceite vegetal. Esto implica ser un producto con nulas propiedades alimenticias, tener una gran cantidad de carbohidratos proporcionados por los cereales, un alto contenido de grasa absorbida durante su elaboración y por lo tanto un alto contenido calórico; además de contar con una cantidad muy escasa de fibra, proteínas, vitaminas, minerales y contribuir a problemas de obesidad e hipertensión. Por estas razones se consideran alimentos con nulas propiedades alimenticias y desequilibradas en términos nutrimentales. Sobre todo para niños que se encuentran en crecimiento y desarrollo.

La demanda de los consumidores por productos nutritivos, convenientes y con sabores agradables tipo botana que satisfagan sus necesidades se ha convertido en el principal problema a resolver. Poseer un perfil nutricional balanceado de proteínas, carbohidratos,

grasa y calorías así como de vitaminas y minerales, además de incluir fibra, son parte de los requisitos de una botana saludable (Ryland *et al.*, 2010). Por lo que actualmente el amaranto se ha empleado en el desarrollo de diversos productos, entre ellos las botanas. El amaranto es un pseudocereal de cultivo anual perteneciente a la familia de los *Amaranthaceae* y al género *Amarhantus*. En comparación con los cereales convencionales, cuenta con un gran contenido de proteínas, grasas, fibra, agua y carbohidratos, es la razón por la cual este alimento se está estableciendo como el grano de mayor contenido calórico y por tanto, es considerado como un cereal con alto valor nutricional (González, 2016). Debido a lo anterior este trabajo propone elaborar una botana tipo tortillas chip que disminuya el impacto en la salud de los consumidores, es decir, que sea un alimento funcional, mejorando la calidad proteica, aumentando la cantidad de fibra y disminuyendo el contenido de grasa. Todo esto sin perder su sabor y manteniendo las características que hacen de las tortillas chip las botanas más preferidas por la población mexicana.

1. ANTECEDENTES

1.1 Maíz

El maíz es el cereal de los pueblos y culturas del continente americano. Las más antiguas civilizaciones de América, desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica, estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Hernot *et al.*, 2008).

1.1.1 Aspectos generales del maíz

Es el cereal que más importancia ha tenido en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del XXI. En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y, recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina y, cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano. En este sentido, el maíz ha sido y sigue siendo un factor de sobrevivencia para los campesinos e indígenas que habitan en la mayoría de los países del continente americano. (Hernot *et al.*, 2008).

En México, los Nahuas lo denominaron *centli* (al maíz) o *tlaolli* (al grano). Moneda, alimento y religión, el maíz es un alimento asociado a varios siglos de nuestra historia nacional. México al igual que otros países de América Latina, es una cultura de maíz; gran parte a las actividades individuales y sociales de sus habitantes dependen de esta planta.

A pesar de varias controversias sobre el origen del maíz en América, el origen geográfico de las plantas cultivadas sugieren que la selección del maíz tuvo lugar inicialmente en México, que fue el centro primario de su origen y domesticación hace 7 a 10 mil años, y donde se encuentran 50 variedades de maíz de las 300 encontradas en todo el continente Americano (Amador, 2015). Específicamente, el origen del maíz se ubica en el Municipio de Coxcatlán, en el Valle de Tehuacán, Estado de Puebla, en el centro de México. Este valle se caracteriza por la sequedad de su clima, con un promedio anual de lluvia muy reducido; alberga principalmente especies vegetales y animales propias de tierra caliente y seca (Pliego, 2015).

1.1.2 Aspectos botánicos y químicos del maíz

Botánicos

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado (Astiasarán, 2002).

Se trata de una planta anual de gran desarrollo vegetativo que puede alcanzar 4 m de altura cuyo tallo lleva de 12 a 20 hojas de limbo bien desarrollado (30 a 50 cm de longitud; 4 a 10 cm de ancho). El tallo puede emitir varios brotes. El sistema radicular de tipo fasciculado está formado por tres tipos de raíces; las raíces seminales (nacidas en la semilla), las raíces secundarias (que constituyen casi la totalidad del sistema radicular), y las raíces adventicias que aparecen en el último lugar, a través de los primeros nudos situados por encima de la superficie del suelo. Debido a su excelente capacidad para adaptarse a diversos ambientes, es capaz de desarrollarse tanto en latitudes altas que varían desde el ecuador ligeramente a 50° al norte y sur, así como también a nivel del mar y hasta 3000 metros de altura, bajo condiciones de lluvia y condiciones semiáridas, en climas frescos y calientes y con ciclos de cultivo que van desde 3 a 13 meses (Amador, 2015).

Químicos

El grano se concentra en 3 partes principales (Figura 1): *endospermo* (en donde se concentra el almidón, proteínas y vitamina B, reserva energética, representa el 80-84 % del peso del grano), *germen* (proteínas, lípidos, carbohidratos solubles, minerales, antioxidantes y Fito nutrientes) y *pericarpio o cascarilla* (carbohidratos no digeribles e insolubles, representa del 5 % al 6 % del peso del grano) (Hernot *et al.*, 2008).

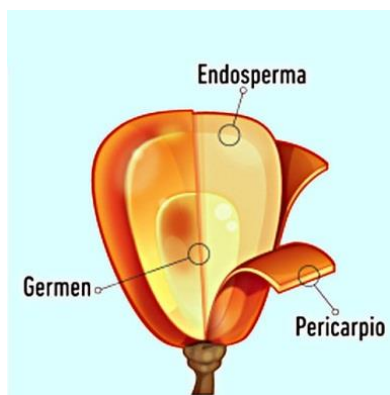


Figura 1. Estructura del grano de maíz.

Fuente: Martínez (2015).

Cada una de las partes anatómicas tiene constituyentes químicos en diferentes proporciones. En la Tabla 1 se muestran sus contenidos.

Tabla 1. Composición química proximal de los granos de maíz.

Componente químico (%)	Pericarpio	Endospermo	Germen
PROTEÍNAS	3.7	8	18.4
ALMIDÓN	7.3	87.6	8.3
FIBRA CRUDA	86.7	2.7	8.8
EXTRACTO ETÉREO	1.0	0.8	33.2
CENIZAS	0.8	0.3	10.5
AZÚCAR	0.34	0.62	10.8

Fuente: Watson y Ramstad (1987).

En la nixtamalización, el endospermo y germen sufren pérdidas menores, en cambio el pericarpio que contiene el 86.7 % de fibra es perdido durante el lavado del maíz y desechado con otros residuos nutrimentales como vitaminas, minerales, ácidos grasos y proteínas en un líquido residual altamente contaminante llamado nejayote (Acevedo, 2015). Los componentes químicos del maíz se encuentran distribuidos en las diferentes partes estructurales. El mayor contenido de almidón se encuentra en el endospermo (87.6 %) mientras que los lípidos se concentran en el germen (33.2 %) que también contiene proteínas (18.4 %) (Watson *et al.*, 1987). Los carbohidratos constituyen el principal componente estructural del maíz. El almidón, los polisacáridos no relacionados con el almidón y fibra dietaria constituyen del 50-70% del peso de materia seca. Otros carbohidratos más sencillos como glucosa, sacarosa y fructosa varían del 1% al 3% dentro del grano del cereal. Los cereales son ricos en ácidos fenólicos como ferúlico, caféico, p-hidroxibenzoico, protocatéico, p-coumárico, vainílico y siríngico. Estos compuestos son considerados antioxidantes naturales por su capacidad de atrapar radicales libres que producen daño celular. La importancia de los cereales en la nutrición de millones de personas en todo el mundo es ampliamente reconocida. Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, no sólo se les puede considerar una fuente de energía, sino que además suministran cantidades notables de proteínas. Los granos de cereal tienen una baja concentración de proteínas y la calidad de estas se halla limitada por la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales (Tabla 2), sobre todo lisina. Las proteínas del maíz son deficientes en lisina y triptófano, pero tienen cantidades considerables de aminoácidos que contienen azufre (metionina y cistina) (Acevedo, 2015).

Tabla 2. Perfil de aminoácidos presentes en el maíz.

Aminoácido	Endospermo ^a		Germen ^b		Modelo FAO/OMS
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
TRIPTÓFANO	48	38	144	62	60
TREONINA	315	249	622	268	250
ISOLEUCINA	365	289	578	249	250
LEUCINA	1024	810	1030	444	440
LISINA	228	180	791	341	340
TOTAL AZUFRADOS	249	197	362	156	220
FENILALANINA	359	284	483	208	380
TIROSINA	483	382	343	148	380
VALINA	403	319	789	340	310

^a1.26 por ciento de Nutrientes., ^b2.32 por ciento de Nutrientes.

Fuente: Orr y Watt. 1957

1.1.3 Producción de maíz en México

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para las bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etc. En México se encuentran diferentes variedades las cuales se emplean para la elaboración de diferentes productos (Tabla 3):

Tabla 3. Variedades y uso de maíz.

Variedad	Uso
MAÍZ CEROSO	Elaboración de adhesivos y gomas
MAÍZ CRISTALINO	Elaboración de tortilla
MAÍZ DULCE	Se emplea como ingrediente (enlatado para sopas, ensaladas, etc.).
MAÍZ DENTADO	Se emplea como alimento para ganado
MAÍZ PALOMERO	Elaboración de botanas
MAÍZ SEDIMENTADO	Se emplea para la mejora genética

Fuente: CIMMYT, 2013.

Cada mexicano consume en promedio 123 kg de maíz principalmente en forma de tortilla anualmente. Cada persona gasta trimestralmente 148.34 pesos en productos elaborados con este grano (SIAP, 2011).

Durante 2012 el estado de Sinaloa ocupó el primer lugar en la producción nacional de maíz al producir 4.13 millones de toneladas, lo que representa el 17 % de la producción nacional. A su vez, el rendimiento promedio por hectárea de este estado fue 7.567 ton/ha siendo el más alto a nivel nacional. El estado de Jalisco es el segundo mayor productor de maíz, con un total de 3.35 millones de ton y un rendimiento de 5.236 ton/ha. El estado de México está en tercer lugar con una producción de 1.8 millones de ton y un rendimiento de 2.687 ton/ha (Figura 2).

El 56.6 % de la producción nacional de maíz se produce en la modalidad temporal, del cual el 94 % (12.5 millones de ton) corresponden a la producción del ciclo primavera – verano. Cabe resaltar que el 72.3 % de la producción total de maíz se produce en el ciclo primavera–verano.

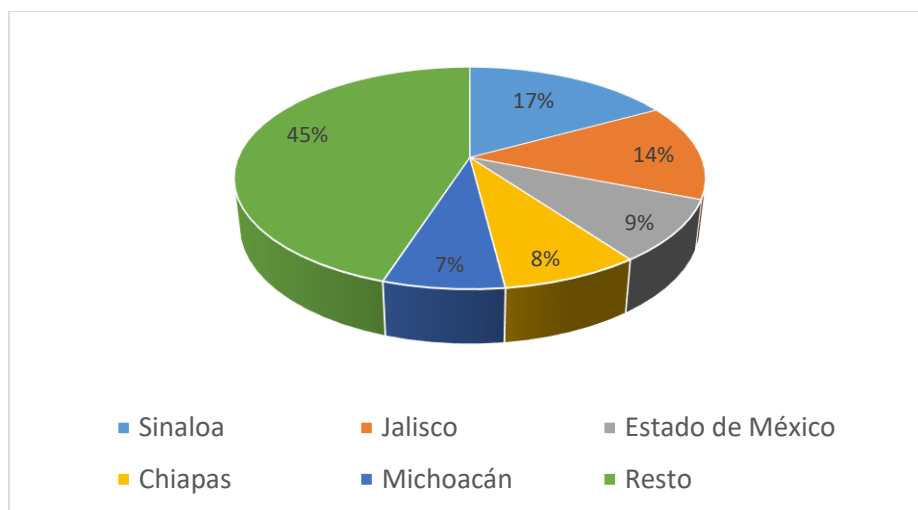


Figura 2. Principales estados productores de maíz.

Fuente: Sagarpa, 2012.

1.2 Amaranto

1.2.1 Aspectos generales del amaranto

El amaranto es un pseudocereal de cultivo anual. Pertenece a la familia de los *amaranthacea* y al género *Amarhantus*. Puede alcanzar de 0.5 a 3 metros de altura; posee hojas anchas y abundantes de color brillante, espigas y flores púrpuras, naranjas, rojas y doradas. Cuenta con una panoja formada por muchas espigas que contienen numerosas florcitas pequeñas, que alojan a una pequeña semilla, cuyo diámetro varía entre 0.9 y 1.7

milímetros, representa el principal producto de la planta de amaranto con la que se elabora cereales, harinas, dulces, etc. (SAGARPA, 2012). Es uno de los cultivos más remotos de Mesoamérica, las antiguas civilizaciones de México lo consumían y le daban la misma importancia que el maíz y frijol siendo estos los principales alimentos de esa época (Asociación Mexicana de Amaranto, 2003).

Durante su cultivo, el amaranto es resistente a sequías, por lo que con prácticas adecuadas de cultivo se puede cosechar en tierras temporales; se adapta a diferentes altitudes, climas y tipos de tierra, desde el caluroso nivel del mar hasta las montañas templadas o semifrías; se produce en regiones semiáridas, con lluvias desde 400 milímetros, hasta zonas tropicales con 1300 milímetros de precipitación. Se siembra desde el nivel del mar hasta cerca de 3000 metros de altitud, aunque es muy sensible a fríos excesivos, por lo que proporciona un mayor rendimiento creciendo en temperaturas elevadas (Hernández y Herrerías, 1998).

1.2.2 Propiedades del amaranto

El amaranto, en comparación con los cereales convencionales, cuenta con un gran contenido de proteínas, grasas, fibra, agua y carbohidratos, es la razón por la cual este alimento se está estableciendo como el grano de mayor contenido calórico y por tanto, es considerado como un cereal con alto valor nutricional como puede apreciarse en la Tabla 4 (González, 2016).

Tabla 4. Cuadro comparativo entre las características del amaranto (Amaranthus hypochondriacus) y otros cereales.

Análisis	Amaranto	Maíz	Arroz	Trigo
HUMEDAD (%)	11.1	13.8	11.7	12.5
PROTEÍNA CRUDA (%)	17.9	10.3	8.5	14.0
HIDRATOS DE CARBONO (%)	57.0	67.7	75.4	66.9
ACEITES/GRASAS (%)	7.7	4.5	2.1	2.1
FIBRA (%)	2.2	2.3	0.9	2.6
CENIZAS (%)	4.1	1.4	1.4	1.9

Fuente: San Miguel (2008).

Pero su importancia no es solamente por la cantidad de proteínas, sino también por la calidad de las mismas. Es un alimento que cuenta con un excelente balance de aminoácidos. En la Tabla 5 se presenta la cantidad de dichos aminoácidos que contiene el amaranto y la cantidad óptima para el consumo humano establecida por la Organización de

las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) (González, 2016).

Tabla 5. Cuadro comparativo entre las características del amaranto y otros cereales.

AMINOÁCIDO ESENCIAL	A. HYPOCHONDRIACUS (mg aminoácido / g proteína)	PATRÓN FAO / OMS (mg aminoácido / g proteína)
ISOLEUCINA	250	250
LEUCINA	388	440
LISINA	401	340
METIONINA	131	220
FENILALANINA	328	380
TREONINA	268	250
TRIPTÓFANO	84	60
VALINA	304	310

Fuente: San Miguel (2008).

Por lo tanto, el amaranto puede considerarse como un alimento óptimo y balanceado para el consumo de cualquier persona, debido a que contiene ocho aminoácidos esenciales y en general los granos proporcionan una cantidad adecuada de estos aminoácidos. Según (Reyes, *et al.*, 2013), la variedad de amaranto que se consume en México tiene un promedio de aproximadamente 16-18 % de proteína, lo cual lo pone en ventaja con otras variedades de cereales como el trigo que contiene entre 12-14 % de proteína o el maíz con un 9-10 % (González, 2016).

1.2.3 Producción de amaranto

Entre los diversos beneficios que tiene el amaranto, una de sus ventajas que conlleva es que su demanda internacional va en aumento. De acuerdo con información del Gobierno de Bolivia, el cual es uno de los países interesados en el tema, ya que es gran productor de quinoa (producto similar al amaranto), los países que principalmente demandan del producto son Alemania, Países Bajos y Estados Unidos (Redacción Central, 2011).

Dentro de los principales países productores de amaranto y que ofrecen dicho producto, en primer lugar se encuentra China, en segundo lugar podemos encontrar a India y Perú, después se encuentra México y por último Estados Unidos como se observa en la Figura 3.

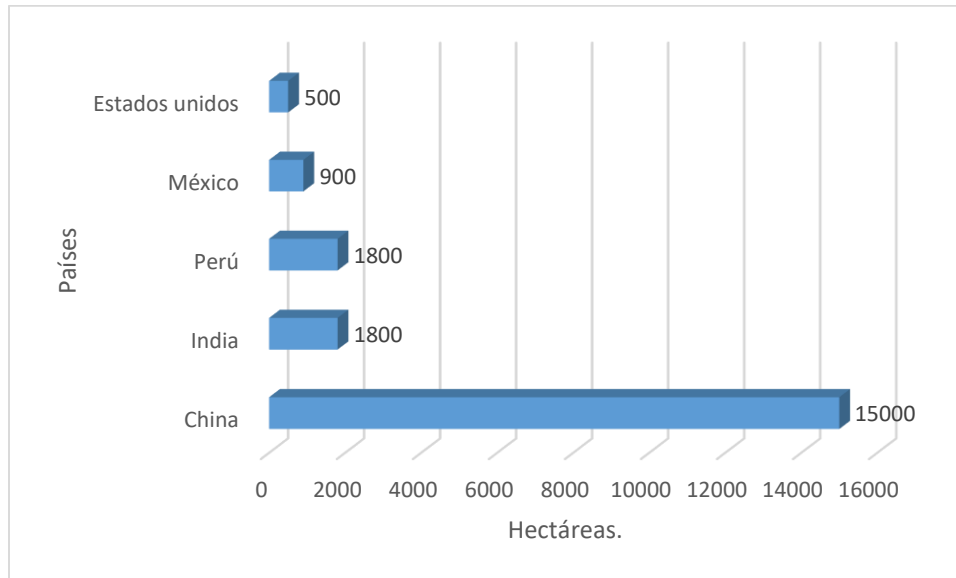


Figura 3. Hectáreas sembradas por país.

Fuente: COFECYT (Consejo Federal de Ciencia y Tecnología de Argentina, s.f).

En México, la producción nacional es variada y hay estados donde la producción es mayor como en Puebla, Morelos, Tlaxcala, Estado de México y el Distrito Federal. Y en menor proporción están los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Querétaro, Nayarit, San Luis Potosí y Veracruz (Tabla 9); pero la producción es y continuará siendo muy variada en todos los estados como lo ha sido a través de los años (González, 2016). De acuerdo con SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) se registraron que 3,729 hectáreas de amaranto fueron sembradas en 7 estados con una producción estimada de 4,617 toneladas, en el año 2013. El cultivo de amaranto tradicionalmente se localiza en cinco entidades del centro del país, sin embargo en ese mismo año Oaxaca y San Luis Potosí se incorporaron al cultivo del cereal y se encuentran entre los principales estados productores como se aprecia en la Tabla 6.

Tabla 6. Principales estados productores de amaranto en México

ESTADO	SUPERFICIE SEMBRADA (HA)	PRODUCCIÓN (TON)
1. PUEBLA	1967	2143
2. TLAXCALA	1287	1791
3. MÉXICO	156.5	306
4. DF	136	161
5. MORELOS	100	130
6. OAXACA	45	69
7. SAN LUIS POTOSÍ	37.5	17
TOTAL	3729	4617

Fuente: González (2016).

El amaranto puede ser un alimento ideal para cualquier persona, pero es recomendado principalmente a niños, mujeres en etapa de gestación y personas de la tercera edad, considerándose un complemento nutricional óptimo y balanceado (González, 2016).

1.3 Procesamiento de cereales

Aunque existan variaciones en función de la especie que se trate, en la práctica totalidad de ellas los granos de cereal están protegidos en su planta de origen por una cubierta o vaina. A su vez, cada grano está conformado básicamente por cuatro componentes: el germen, el interior feculento, que representa la mayor parte del grano, las capas exteriores provistas de nutrientes y la cáscara de naturaleza fibrosa. Tanto la vaina protectora como cada una de las partes del grano dan lugar, tras el procesamiento, a diferentes productos destinados al consumo humano o animal, siendo los primeros los que requieren un procesado más completo, ya que el ser humano no puede digerir adecuadamente ni los granos crudos ni las harinas obtenidas de los mismos. Si bien cada tipo de cereal requiere de un tratamiento específico, hay algunos principios de carácter general que pueden ser aplicados. Así los cereales pasan por distintas etapas en una gran, y a veces compleja, cadena que se inicia en la cosecha y termina en el consumo. Esta cadena, que se conoce como sistema poscosecha, comprende básicamente tres bloques separados: el primero cubre desde la cosecha hasta el almacenado del grano, y engloba todas las operaciones

que permiten extraer y estabilizar el grano de cereal; el segundo, denominado procesado preliminar, comprende aquellas operaciones que permiten obtener productos intermedios, fundamentalmente harinas, que no pueden ser consumidos directamente por el hombre; el tercero, o procesamiento secundario, lo forman aquellas operaciones que transforman los productos intermedios en finales (por ejemplo, la fabricación de pan). Las operaciones que incluidas en el procesado secundario pueden ser industriales o domésticas (García, 2011).

1.3.1 Harina de maíz

La harina de maíz (Figura 4) es el producto deshidratado que se obtiene de la molienda de granos de maíz nixtamalizado cuya humedad no debe ser superior al 15 %, así como no presentar más de 50 fragmentos de insectos, no más de un pelo de roedor y estar exentos de insectos enteros y excretas, así como de cualquier otra materia extraña que represente un riesgo a la salud, en 50 g de productos y hasta 12 ($\mu\text{g}/\text{kg}$) de aflatoxinas (NOM-187-SSA1/SCFI-2002).

Es el ingrediente más importante. A través de hidratación y acción mecánica la harina se convierte en una masa la cual se desarrolla de acuerdo al contenido de su proteína y características de ésta. Diferentes tipos de harinas son requeridas para los diferentes tipos de producción de tortilla. La harina a utilizar para la producción de tortillas con cortadora, preferentemente debe contener un alto contenido de proteína con una gran habilidad de mezclado.

Las harinas para elaborar tortillas extendidas manualmente u obtenidas en prensa caliente, contienen menor cantidad de proteína y son tratadas generalmente con agentes reductores para disminuir la tolerancia de la masa al mezclado (Cruz, 2008).



Figura 4. Harina de maíz.

Fuente: Hernández (2017)

La fabricación de harinas de maíz nixtamalizado (HMN) comenzó a usarse apenas hace 50 años (Figuroa, *et al.*, 1999). Aparte de tener ventajas prácticas para su preparación, reduce considerablemente la mano de obra, la inversión para equipo, los problemas asociados con la adquisición de granos de maíz y la generación de desechos contaminantes (nejayote) durante la elaboración del nixtamal (Paredes-Guevara *et al.*, 2006). La HMN puede almacenarse a temperatura ambiente por relativamente periodos largos, la producción y distribución puede ser ajustada a la demanda, el producto es altamente homogéneo y tiene mejores condiciones de higiene. Sin embargo entre algunas desventajas se tienen el incremento de los costos, la carencia de olor y de textura apropiada comparada con la masa de nixtamal (Figuroa, *et al.*, 1999).

1.3.1.1 Proceso de obtención de harina de maíz nixtamalizado

Para la elaboración de harina de maíz nixtamalizada, se deshidrata la masa en un secador a una temperatura de entrada de 275° C y a una temperatura de 90° C. El sistema puede ser continuo, el maíz se desliza por un túnel o por lotes (en batch). La humedad final del producto oscila entre 8–10%. El material sometido a molienda se cierna en diferentes granulometrías dependiendo del destino final de la harina, para la elaboración de productos fritos se utilizan en mallas No. 60 y 80. Las harinas utilizan sólo maíz para producir la harina, la diferencia con el proceso tradicional es que se usa menor cantidad de cal y se le da menor tiempo de reposo al nixtamal, a fin de reducir la pérdida de material sólido en el reposo y lavado del nixtamal. Estas modificaciones del proceso afectan la calidad de la tortilla que se produce a partir de la harina (Amador, 2015).

1.3.1.2 Ventajas del uso de harinas de maíz nixtamalizado

Las harinas de maíz nixtamalizado, son en realidad harinas pre-gelatinizadas, en donde el grano ha sido sometido a un proceso térmico previo, dándole características nuevas y usos diversificados; cambios en las propiedades como capacidad de absorción de agua, solubilidad, viscosidad en un medio acuoso son características de las harinas pre-gelatinizadas. En cuanto al valor nutricional de las masas de maíz nixtamalizado y las harinas de maíz nixtamalizado (HMN), las primeras tienen cantidades significativas de gránulos de almidón libres con bajo contenido de proteína y las HMN tienen una cantidad de almidón y proteína muy similar presentes en el grano de maíz. Aunque durante la molienda ocurre un daño en los gránulos de almidón, modificando su estructura y

convirtiendo las zonas cristalinas en moléculas desordenadas, que puedan hidratarse fácilmente y degradarse en enzimas amilolíticas. El daño en almidón y excesivo calentamiento puede generar una masa pegajosa, grumosa y tortillas con características poco deseadas (Amador, 2015).

Entre las principales propiedades fisicoquímicas asociadas con la funcionalidad de harinas de maíz nixtamalizado (HMN) están la distribución del tamaño de partícula, pH, la capacidad de absorción de agua y la reología de las masas (Amador, 2015).

Las tortillas requieren una harina que contenga partículas finas en su distribución de tamaño de partícula para que promueva el desarrollo de mayor flexibilidad y cohesión, mientras que las tostadas de maíz y totopos requieren una distribución de tamaño de partícula gruesa ya que promueve una textura crujiente (Fernández-Muñoz *et al.*, 2005).

El tamaño de partícula afecta de forma muy significativa a la estabilidad de las masas, productos intermedios y finales; entre más grande sea el tamaño de las mismas mayor es la estabilidad, ya que la superficie total de las partículas es menor en relación al peso total y pueden también influir en propiedades como la capacidad de absorción y retención de agua en las formulaciones. La capacidad de absorción de agua (CAA) es la cantidad de agua que absorbe la harina para obtener una masa de consistencia apropiada para la preparación de tortillas, tostadas, totopos o cualquier producto de maíz nixtamalizado. El índice de solubilidad en agua (ISA) indica la cantidad de sólidos disueltos por el agua cuando una muestra de harina se somete a un exceso de este líquido, indica también el grado de cocción que ha tenido el grano con que se preparó la harina (González *et al.*, 1991).

1.3.2 Usos del Amaranto

Actualmente, la forma más común de consumir el amaranto en México es el popular dulce “alegría”, cuya preparación curiosamente, deriva del antiguo tzoalli, con la diferencia de que en lugar de harina de amaranto se utilizan las semillas reventadas como rosetas de maíz. En menor escala, y de manera más localizada, las semillas son molidas y mezcladas con maíz para elaborar platos típicos, y las hojas verdes se emplean en preparaciones similares a las del consumo de espinaca. Conociendo las propiedades nutrimentales del amaranto, se pretende ampliar más la producción de este cereal promoviendo la industrialización de nuevos productos, como es el caso de las botanas, donde se pretende aumentar el

contenido nutrimental por medio de la mezcla de harinas de maíz y amaranto (Escobedo, 2016).

1.4 Botanas

Las botanas son aquellos productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (PROY-NOM-216-SSA1-2002).

La industria de las botanas es muy variable en parte debido a los cambios en los estilos de vida de los consumidores, por esta razón constantemente se innovan nuevos productos para satisfacer las necesidades de los consumidores, teniendo un papel importante los ingredientes utilizados en su elaboración, ya que proporcionan características nutricionales y sensoriales adecuadas para el mercado actual. Las botanas se han convertido en una parte importante en las dietas de muchos individuos. Existe una gran interés por incrementar la fibra dietética en los alimentos incluyendo botanas para conducir las hacia un enfoque saludable (Acevedo, 2015).

La demanda de los consumidores por productos nutritivos, convenientes y con sabores agradables tipo botana que satisfagan sus necesidades se ha convertido en el principal problema a resolver. Poseer un perfil nutricional balanceado de proteínas, carbohidratos, grasa y calorías así como de vitaminas y minerales, además de incluir fibra, son parte de los requisitos de una botana saludable (Ryland *et al.*, 2010).

1.4.1 Consumo y mercado de botanas en México

Las botanas en México al igual que en otros países del mundo son el producto que cubre las necesidades de los consumidores, en cuanto a: accesibilidad, precio, buen sabor y una amplia variedad de gustos y porciones, no es exclusivo de una clase social y está enfocada a todas las edades.

De acuerdo con el instituto nacional de estadística y geografía (INEGI), las frituras de harina de trigo y maíz son las más consumidas en México debido a que la mayoría de botanas están hechas con dichos cereales (Figura 5), así mismo es resultado de que ambos cereales son los dos principales consumidos en México y en algunos otros países pero

principalmente se debe a que la materia prima es económica y accesible para la fabricación de gran diversidad de productos, entre ellos las botanas (INEGI, 2011).

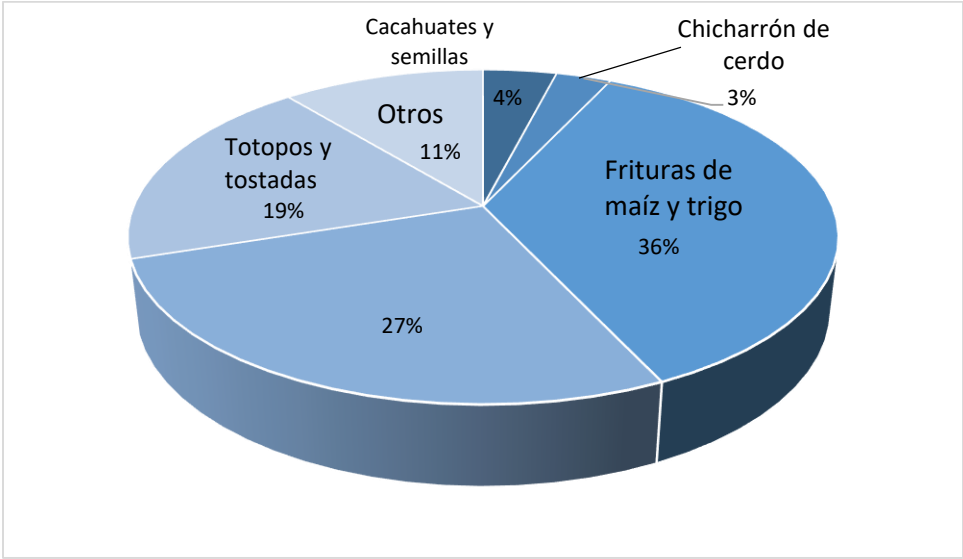


Figura 5. Consumo de botanas en México.

Fuente: INEGI (2011).

Según datos de ProColombia (2014), organismo que identificó a México como un destino con alto potencial para la exportación de estos productos, un 97% de los hogares en México consumen alimentos de esta categoría, generando ventas de más de 41 mil millones de pesos al año, es decir, unos tres mil 153 millones de dólares. En términos de consumo, un estudio de Mildward Brown (2005) señaló que la población mexicana ha optado por consumir comida rápida, tendencia que ha aumentado las ventas de papas fritas en paquete. Además, los mexicanos consumen hasta dos veces por semana productos como papas. El mismo estudio concluye que los hombres de entre 25 y 35 años son los principales adeptos (Herrera y Gallardo, 2005).

1.4.2 Mercado

El mercado de botanas en México continúa siendo uno de los más relevantes dentro de la industria de alimentos y bebidas. De acuerdo con Euromonitor (Tabla 7), se prevé que en 2020, el mercado de botanas en México alcanzará un valor de \$52,717 millones de pesos mexicanos, actualmente es de \$45,955 millones de pesos mexicanos. PepsiCo a través de sus múltiples marcas maneja la mayoría del mercado seguido de la marca Barcel de Bimbo. Ambas empresas dominan el mercado y son empresas más pequeñas las que reúnen el

resto de la participación de este mercado. Nacional de Alimentos y Helados con sus productos Bokados, ConAgra Foods (con su marca de palomitas de microondas Act II) y Botanas y Derivados conforman los primeros cinco lugares. A pesar del impuesto sobre la comida de alto valor calórico ejecutado por el gobierno de México a partir del año 2014, 2015 mostró una recuperación en ventas en el sector y se estima que la industria crezca hasta un 29% para el año 2020. De acuerdo con Euromonitor, el aumento del volumen para el total de 2015 fue de 369,600 toneladas, un crecimiento de 7.4 % respecto de las 344,000 que se registraron hace cinco años (Industria Alimentaria, 2016). ProColombia, entidad encargada de promover las exportaciones, la inversión y el turismo, indicó que del valor total importado en el mundo, México se ubica en el sitio 17, con una participación del 2.3 por ciento y un valor de 47 mil millones de dólares, cifra que corresponde a 2013. Mientras que Estados Unidos es el principal proveedor de productos de papas en chips a México, con una participación del 99 por ciento. En 2013, sus ventas al mercado mexicano aumentaron en 44.1 por ciento, al pasar de 33 mil a 47 mil millones de dólares. En tanto, Francia es el mayor comprador de papas en chips del mundo, con un valor de 223 mil millones de dólares, equivalente a 130 toneladas durante 2013. También mencionó que los canales de distribución para papas chips en México son los supermercados, tiendas de abarrotes independiente (tiendas de la esquina) y las tiendas de conveniencia (Herrera, 2015).

Tabla 7. Principales empresas productoras de botanas en México.

Empresa	Participación %
SABRITAS	67.07
GRUPO BIMBO	17.9
NACIONAL DE ALIMENTOS Y HELADOS	3.1
CONAGRA FOODS DE MÉXICO	2.26
BOTANAS Y DERIVADOS	1.52
CAZARES	1.02
NISHIKAWA	0.71
PRODUCTOS NIPON	0.69
KELLOG DE MÉXICO	0.5
EMPACADORA LA MERCED	0.14
DIGRANS	0.13
CARMELITA	0.11
OTRAS	4.85

Fuente: (Herrera, 2015).

1.4.3 Tipos de botanas

La industria productora de botanas de cereales es cada día más grande e importante. En general, la manufactura de las botanas se puede dividir en tres grandes categorías: productos enteros, productos extruidos y productos nixtamalizados. Esta última categoría se puede dividir en productos expandidos directos, productos obtenidos a través de pellets y masas formadas en el extrusor para ser posteriormente sometidos al proceso de freído o acabadas con otro tipo de proceso térmico (Serna, 1996).

Productos enteros. Las palomitas o rosetas de maíz (Figura 6) constituyen el producto más importante de esta categoría. Las cuales a diferencia de otras botanas han recibido buena aceptación entre nutriólogos dado a su bajo contenido de aceite. Alta cantidad de carbohidratos complejos y apropiado contenido de fibra dietética. Para elaborarlas se utiliza el maíz palomero de la clase “no dentada” generalmente de color amarillo y endospermo de textura vítrea. El pericarpio es grueso y sirve como olla de presión a la hora en que el grano es reventado. El porcentaje de humedad del grano influye en la cantidad de granos que revientan y también en su tasa de expansión. El grano revienta cuando es calentado a 175°C ya que el agua del grano es súper calentada convirtiéndose en vapor. La presión del vapor rompe el pericarpio y propicia la expansión, dando como resultado un producto de menos del 3% de humedad. Generalmente el maíz palomero es reventado en aceite aunque el uso de calor radiante es cada día más practicado, para lo cual se han desarrollado un buen número de envases para reventar palomitas en el horno de microondas. Los envases generalmente son flexibles de manera que el vapor de agua generado durante el cocimiento expanda la bolsa. El maíz generalmente es envasado junto con grasa vegetal, sal y saborizantes (Serna-Saldivar, 1992).



Figura 6. Rosetas. “palomitas de maíz”.

Fuente: Sapiña (2014).

Productos extruidos. La extrusión revolucionó a la industria de los cereales matinales y botanas a partir de los setentas. Una gran ventaja de este proceso es que es continuo y por lo tanto tiene alta productividad, es eficiente y se caracteriza por producir materiales pasteurizados o con el mínimo de problemas microbiológicos. Existen dos tipos de extrusión aplicada hacia la producción de alimentos: extrusión en frío y termoplástica, siendo esta última la más popular y versátil en la que la combinación de calor y esfuerzo mecánico provocan gelatinización y dextrinación de los gránulos de almidón, desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas, destrucción de compuestos anti nutricionales y total eliminación de cargas microbianas en el producto saliendo del extrusor. La extrusión termoplástica se divide en dos categorías: de productos expandidos (Figura 7) y de comprimidos o pellets (Serna-Saldívar, 1992).



Figura 7. Productos extruidos

Fuente: ADISA (2018)

Productos nixtamalizados. La nixtamalización es el proceso en el cual los granos, generalmente maíz, son cocidos con agua y cal (CaO) para formar nixtamal, el cual después de ser molido forma una pasta húmeda y suave llamada masa. Es la materia prima a partir de la que se pueden elaborar tortillas, tostadas, tacos, tamales y botanas (Figura 8). Básicamente existen dos tipos de botanas nixtamalizadas: las obtenidas a partir de masa (fritos) y las hechas a partir de tortillas (doritos o tostitos) (Serna-Saldívar, 1992).



Figura 8. Productos nixtamalizados.

Fuente: Oteiza (2017).

Ríos (1989), clasificó en siete grupos a los productos tipo botana de acuerdo al proceso por el que se elaboraban. En la Tabla 8 se muestra dicha clasificación.

Tabla 8. Clasificación de botanas de acuerdo a su proceso.

Proceso	Botanas
Frituras	Papas fritas Zanahoria frita Plátano frito Derivados de papa Chicharrón de cerdo Frituras de harina
Extruidos	Pellets de harina Corn chips De masa: <i>Corn sticks</i> Collets
Troquelados	Botanas de tortilla
Recubiertos	Extruidos compuestos Cacahuates recubiertos
Explotados	Palomitas de maíz
Tostados	Cacahuates Habas Almendras Semillas de calabaza Semillas de girasol Garbanzos
Horneados	Pretzels

Fuente: Ríos (1989).

1.4.4 Tortillas chip

La tortilla chip (figura 9), chip de tortilla, totopos o nachos es un aperitivo elaborado a base de tortillas de harina de maíz aplastadas y fritas en aceite vegetal. Se elaboran con ingredientes muy básicos: maíz, aceite vegetal, sal y agua (Tabla 9). Las tortillas chips se inventaron en Los Ángeles a finales de los 1940's y a pesar de ello son consideradas una forma de alimento mexicano (AOAC, 2009). Cruz (2008) describe la funcionalidad de cada ingrediente y el papel que juega durante la elaboración de tortillas chip:

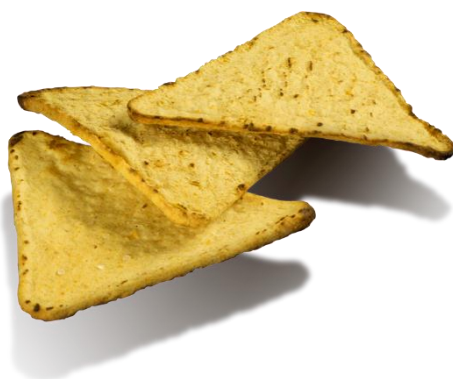


Figura 9. Tortillas chip.

Fuente: Tray (2014).

Tabla 9. Ingredientes para la elaboración de tortillas chip.

ingrediente	Funcionalidad	Normatividad
Agua	Incorporar y distribuir otros ingredientes. La temperatura del agua generalmente es ajustada para proveer una masa a 28°C.	NOM-251-SSA1-2009
Aceite Vegetal	Comportamiento y formación de la masa, calidad del producto final, sabor, textura, manejabilidad, interacción entre proteínas y almidones.	NMX-F-223-1985
Sal	Sabor, vida de anaquel, formación de la masa.	NMX-F-008-1988

1.4.4.1 Proceso de elaboración de botanas tipo tortillas chip

El proceso tradicional de elaboración de botanas de maíz a partir de harina de maíz nixtamalizado es relativamente sencillo; la eliminación del proceso de nixtamalización contribuye a la eliminación de la elaboración de otro producto adicional y a la estandarización de los productos finales en el caso de las botanas de maíz (Amador, 2015). Para la formulación de masas se pueden emplear más de un tipo de harinas, las cuales presentan diferencia como la granulometría, la presencia de aditivos de conservación, nutrimentos, etc. También se determina la cantidad de agua necesaria para hidratar las harinas; de igual forma las características del producto final establecen los porcentajes de agua a adicionar. En el caso de frituras de maíz, se necesita reducir el contenido de humedad desde la masa, pues es a través de los procesos térmicos aplicados que se requiere una reducción de agua hasta alrededor del 2-3% del producto frito, por lo que a mayor humedad inicial en la masa se requerirá mayor energía para llegar a estos porcentajes (Amador-Rodríguez *et al.*, 2010).

Para la producción de tortillas chip (Figura 10, la masa gruesa con 54% de humedad es laminada y cortada en diferentes configuraciones (triángulos, tiras, pequeños círculos), para posteriormente introducirse en un horno para producir tortillas. Las temperaturas del horno están controladas con el objetivo de reducir o eliminar el hinchamiento o la formación de las denominadas ampollas sobre la superficie del producto. El gradiente de temperatura es alto al comienzo con objeto de remover la humedad y es bajo en las fases finales con el propósito de impedir la excesiva formación de vapor de agua, el cual causa ampollas. El uso de masa gruesa, la cual permite escapar a la masa de agua, aunado con un buen gradiente de temperatura resulta en un buen producto para freír. Los pedazos de tortillas con aproximadamente 36-42 % de humedad, son enfriados, equilibrados y freídos. Esta última operación se realiza en freidores continuos, los cuales operan a temperaturas de 180° C y están regulados para dar un tiempo de residencia de 1 minuto.

El producto final con aproximadamente 1.5 % de humedad y 20-24 % de aceite, tiene un sabor más fuerte que el de los fritos nixtamalizados debido al desarrollo de compuestos saborizantes (reacciones de encafecimiento) durante el horneado (Serna, 1996).

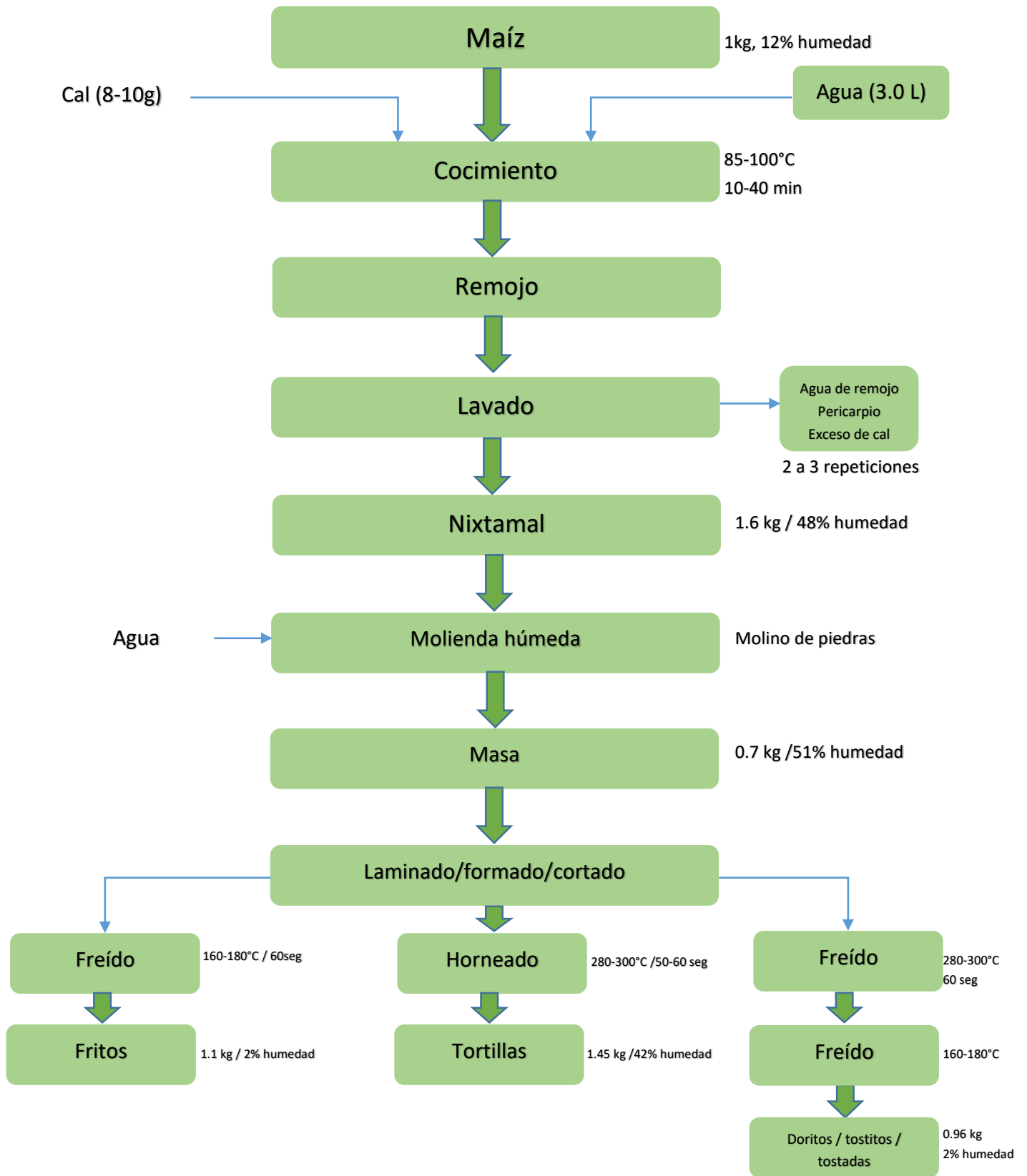


Figura 10. Proceso de elaboración de tortillas chip.

Fuente: (Serna, 1996).

1.5 Principales problemas de alimentación del consumo de botanas

La organización mundial de la salud (OMS) define al sobrepeso y la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa. Existe evidencia de que esta condición es el principal factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmitibles. En México, el sobrepeso y obesidad se asocian con diabetes mellitus tipo dos, enfermedades cardiovasculares, trastornos al aparato locomotor (osteoartritis) y algunos tipos de cáncer. La encuesta nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2012), señala que siete de cada diez adultos mexicanos sufre sobre peso y obesidad. Entre 2000 y 2010, este problema aumentó 15.2 %. La otra cara de los problemas de nutrición lo conforma la obesidad infantil, que ha ido creciendo de forma alarmante en los últimos años. Actualmente, México ocupa el primer lugar mundial en obesidad infantil, y el segundo en obesidad en adultos, precedido por los estados unidos, problema que está presente no sólo en la infancia y la adolescencia, sino también en población en edad preescolar. Uno de cada tres adolescentes de entre 12 y 19 años presenta sobrepeso u obesidad. Para los escolares, la prevalencia combinada de sobrepeso y obesidad ascendió un promedio del 26% para ambos sexos, lo cual representa más de 4.1 millones de escolares conviviendo con este problema (Acevedo, 2015).

El sobrepeso y la obesidad son producto de estilos de vida poco saludables, en los que se combina una mala alimentación, generalmente rica en azúcares y/o grasas, con poca o nula actividad física. En parte, esta definición sugiere que un individuo tiene la responsabilidad absoluta sobre sus hábitos. Algunos de los factores que desarrollan la obesidad infantil en México se deben principalmente a que los niños no consumen fibra, toman poca agua y su alimentación se fundamenta en la ingesta de alimentos ricos en grasa, proteínas, así como refrescos y bebidas azucaradas en abundancia. Para determinar el estado de salud de los niños, se aplican mediciones antropométricas (peso, talla, circunferencia de la cintura), toma de presión arterial, determinación de los niveles de glucosa, triglicéridos, colesterol e insulina y estudios genéticos (que identifican genes que se asocian con la obesidad infantil) (Acevedo, 2015).

Con estas pruebas también se pueden detectar la presencia de pliegues de color oscuro (acantosis) en cuello y antebrazos, que indican la probabilidad de que padezca alteraciones metabólicas y hasta prediabetes. Estos datos muestran que los componentes que detonan en obesidad infantil en México, son el sedentarismo, la poca actividad física diaria, alta ingesta calórica, es decir, consumo de harinas refinadas, azúcares y grasas y la genética. Ante este grave problema, es importante crear en los niños, hábitos sanos como tomar

agua, una buena alimentación balanceada y recomendar hacer ejercicio para permitirles una excelente calidad de vida (ENSANUT, 2012).

Otra estrategia complementaria es el desarrollar alimentos con mejor calidad nutrimental. Un ejemplo son las botanas, que son de alto consumo por niños y adultos, las cuales poseen un alto contenido en grasa, sal y carbohidratos, lo que los hace un producto poco recomendable para la salud. Pero una opción sería desarrollar una botana con mejor calidad nutrimental (Acevedo, 2015).

El amaranto y subproductos pueden ser dirigidos para una amplia población. Además de estos grupos y de las personas que padecen de anemia, desnutrición, osteoporosis y diabetes, podemos sumarle los individuos con problemas de obesidad y enfermedades cardiovasculares. El Gobierno del Distrito Federal señala en su portal que: La obesidad y el sobrepeso son el principal problema de Salud Pública en México, ya que es el primer lugar mundial en niños con obesidad y sobrepeso, y segundo en adultos. México gasta 7 % del presupuesto destinado a salud para atender la obesidad, solo debajo de Estados Unidos que invierte el 9 %. La mala alimentación, el sedentarismo, la falta de acceso a alimentos nutritivos, son factores determinantes del sobrepeso y la obesidad (Secretaria de Salud del Distrito Federal, 2015).

Las nuevas tendencias alimenticias están permitiendo al mercado comercializar alimentos que aportan beneficios a nuestra salud, como los productos elaborados a partir del grano de amaranto. Estos productos se elaboran a partir de la semilla cruda o reventada para formar la harina y en mezcla con otras harinas se pueden crear diferentes productos como: hojuelas, pastas, leche, bebidas proteinadas, tortillas, atoles, pan, galletas, bolillos, polvorones, mazapanes, y *snacks*. Por tal razón, además de llevar una vida activa es recomendable incluir el amaranto a la dieta diaria, ya que puede contribuir a mejorar la salud de quienes consumen dicho producto (González, 2016).

1.6 Alimentos funcionales

Muchas de las enfermedades prevalentes en el mundo hoy en día presentan una importante relación con la alimentación. La dieta puede ejercer una contribución directa a la causa de las enfermedades, aumentar el riesgo a padecerlas, producir un efecto benéfico que permita cierta disminución de su padecimiento o hasta prevenirlas completamente. Una alimentación saludable combinada con la ingesta de alimentos funcionales puede ayudar a minimizar o prevenir ciertas enfermedades (Vidal, 2008).

El concepto de alimento funcional nació en Japón en la década de 1980 cuando las autoridades japonesas tomaron conciencia de que para controlar los gastos globales en salud era necesario desarrollar alimentos que mejoraran la calidad de vida de la población. En el año 1991 crearon el término FOSHU, sigla que significa Foods for specified health uses (Sabbione, 2015).

Se considera que un alimento puede ser funcional si ha demostrado de manera satisfactoria que contienen componentes biológicamente activos que ejercen un efecto beneficioso sobre una o varias funciones específicas en el organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades.

Deben ser propiamente un alimento, en cuanto a características, forma de consumo y valor nutritivo, además de poseer una actividad biológica positiva para la salud, que vaya más allá de su valor nutritivo (Inzunza y Vieyra, 2016).

Los alimentos funcionales pueden contener componentes de diferente naturaleza con probada actividad fisiológica, denominados compuestos bioactivos. Dentro de este conjunto de sustancias se encuentran las proteínas alimentarias y los péptidos encriptados en su secuencia. En los últimos años se ha evidenciado una tendencia creciente e interés en la utilización de péptidos derivados de proteínas alimentarias debido a su variedad y remarcable multifuncionalidad (Sabbione, 2015). También se consideran los alimentos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, así como a los que se les han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos.

1.6.1 Principales compuestos de los alimentos funcionales

Existen alimentos funcionales naturales y otros que pueden convertirse en funcionales durante su procesamiento (Roberfroid, 2000) realizando algunas operaciones. Un posible camino sería incrementar la concentración de un componente natural del alimento para alcanzar una concentración que se espera que induzca los efectos deseados. Por ejemplo, la fortificación con micronutrientes para lograr una ingesta mayor que las recomendaciones dietéticas. Otra opción implica adicionar un componente que no esté normalmente presente en los alimentos de consumo habitual y para el cual se hayan demostrado efectos beneficiosos. También podría reemplazarse un componente del alimento, generalmente un macronutriente cuya ingesta sea excesiva y que muestre efectos deletéreos, por otro componente beneficioso para la salud. Por ejemplo la sustitución de grasa por fibra dietética. Por último, se podría incrementar la biodisponibilidad o la estabilidad del

componente funcional conocido con el objeto de asegurar un efecto funcional o reducir el riesgo de aparición de enfermedades (Serna, 1996).

1.6.1.1 Probióticos y Prebióticos

Los probióticos son definidos como microorganismos viables y seleccionados que son adicionados como suplementos en la dieta humana, en donde sí se agregan en las condiciones suficientes, afectan de una forma benéfica al organismo que los consume, a través de sus efectos en el tracto intestinal, mediante la mejora en la composición de la microbiota. En los productos lácteos fermentados se encuentran un sin número de probióticos, como son las bacterias ácido-lácticas utilizadas en la industria alimentaria la cual confieren características sensoriales como sabor, textura, así como también, cuentan con propiedades conservadoras. Algunas de las cepas que comúnmente son utilizadas como probióticos son: *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Saccharomyces* (Montúfar, 2014).

Los prebióticos son ingredientes alimenticios no digeribles, los cuales afectan beneficiosamente al huésped, debido a la estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de una o un número limitado de bacterias en el colon que pueden mejorar la salud del huésped. Algunos oligosacáridos que no son digeribles, excepto por la actividad de las bacterias, son considerados prebióticos. Aquéllos prebióticos que contiene fructosa pueden alterar la condición de la flora intestinal debido a una fermentación específica, en la cual predominan las bifidobacterias. Para que un ingrediente alimenticio sea considerado prebiótico debe de cumplir con las siguientes características (Montúfar, 2014):

- No debe ser hidrolizado o absorbido en la parte alta del tracto digestivo
- Debe ser fermentado selectivamente por una o un número limitado de bacterias potencialmente benéficas del colon, por ejemplo bifidobacterias y lactobacilos.
- Debe ser capaz de alterar la microflora colónica tornando la saludable, por ejemplo, reduciendo el número de organismos putrefactivos e incrementando las especies sacarolíticas.

1.6.1.2 Fibra

La fibra es la parte no digerible de los alimentos que resiste la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación total o parcial en el intestino grueso (Serna, 1996).

La fibra está constituida principalmente de biopolímeros, como la hemicelulosa, celulosa, lignina, pectina y otras gomas que varían en proporción dependiendo de la fuente. Actualmente se ha fomentado el consumo de este nutrimento por sus propiedades que ayudan a la absorción de azúcares, prevenir la diabetes, las cardiopatías o neoplasias, alteraciones cardiovasculares (Rasgado, 2016).

1.6.1.1.1 Clasificación de fibra

La clasificación de fibra puede darse desde diferentes enfoques, por ejemplo (Rasgado, 2016):

- Según su relación con la estructura de las paredes celulares.
- Según su naturaleza química (polisacáridos no relacionados con el almidón y polisacáridos no relacionados con la celulosa).
- Por su solubilidad en agua.

La fibra, aunque no sea considerada dietéticamente esencial, cumple una serie de funciones benéficas para la salud de animales y humanos. Si bien, son numerosos los elementos que están integrados en el concepto de fibra, no hay una clasificación única. Para mayor simplicidad, se clasificará en fibra soluble y en fibra insoluble. Dicha clasificación es arbitraria y tan solo se basa en la separación química manteniendo unas condiciones controladas de pH y de enzimas que intentan simular las condiciones fisiológicas. La fibra actúa como esponja en el organismo, reteniendo agua, nutrientes, ácidos biliares y agentes carcinogénicos. Se ha comprobado que todos los tipos de fibras tienen diferentes resultados a su paso por el intestino delgado y grueso dependiendo de sus propiedades físico-químicas y funcionales, las cuales dependen básicamente de la composición en cuanto a fibra soluble e insoluble (Baena y García, 2012).

Desde el punto de vista nutricional, se considera apropiado clasificar y organizar a las fibras alimentarias o dietéticas, según su comportamiento en medio acuoso (Olagnero et al., 2007).

- **Fibra insoluble**

Son aquellas parcialmente fermentables en el intestino por las bacterias colónicas y no forman dispersión en el agua (Montúfar, 2014).

También se le llaman poco solubles y son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. También contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon. Está compuesta por celulosa, hemicelulosa y lignina. En las fibras dietarias se evalúan como principales propiedades funcionales a nivel in vitro (Baena y García, 2012).

- **Fibra soluble**

Las fibras alimentarias solubles o totalmente fermentables, son aquellas que forman geles en contacto con el agua. Comprenden a las gomas, mucílagos, pectinas, almidón resistente 2 y 3, algunas hemicelulosas, galactooligosacáridos (GOS), inulina y fructooligosacáridos (FOS) (Olagnero *et al.*, 2007).

Se encuentran fundamentalmente en frutas, legumbres y cereales como cebada y avena. Su solubilidad en agua condiciona la formación de geles viscosos en el intestino, favoreciendo la absorción de agua y sodio. Desde el punto fisiológico intestinal, estas fibras retrasan el vaciamiento gástrico y enlentecen el tránsito intestinal, por lo que se le atribuye, un efecto astringente, hipolipemiante y disminución de la respuesta glicémica. A su vez, se caracterizan por ser rápidamente degradadas por la microflora del colon. Este proceso de fermentación depende en gran medida de grado de solubilidad y del tamaño de sus partículas, de manera que las fibras más solubles y más pequeñas tienen un mayor y más rápido grado de fermentación. Los efectos fisiológicos atribuidos más importantes de estos subproductos consisten en disminuir el pH, estimular la reabsorción de agua y sodio, fundamentalmente a nivel de colon ascendente, y potenciar la absorción de cationes (Montúfar, 2014).

1.6.1.1.2 Beneficios del consumo de alimentos ricos en fibra

Desde tiempos remotos el hombre se ha interesado por la relación entre la dieta y la salud, sin embargo no fue hasta la década de los setenta, que la importancia de la fibra en la dieta fue puesta en manifiesto, dando lugar así a numerosos estudios que relacionan la ausencia de la fibra con diversos problemas de salud, tales como la constipación, divertículos, colitis,

hemorroides, cáncer en el colon y en el recto, diabetes mellitus, aterosclerosis y otros (El Universal, 2012).

Las propiedades fisiológicas y beneficios a la salud que tienen lugar en una dieta rica en fibra son las siguientes:

- **Volumen de heces**

Tanto por su presencia como por su capacidad de retención de agua, la fibra aumenta el volumen del contenido intestinal. Al aumentar el volumen del contenido colónico, provoca un aumento de su peristaltismo, lo que facilita la función evacuatoria (Rasgado, 2016).

- **Capacidad de absorber sustancias**

Entre las mallas de la fibra vegetal pueden quedar algunas sustancias como el colesterol, los ácidos libres biliares y diversas sustancias tóxicas que se introducen en los alimentos. Evitan que entren en contacto con la mucosa intestinal, lo que favorece su eliminación. Sin embargo, pueden quedar retenidas ciertas cantidades de calcio, hierro, magnesio y cinc, que pueden eliminarse por las heces (Rasgado, 2016).

- **Velocidad en el tránsito intestinal**

Los componentes no hidrosolubles aumentan la velocidad del tránsito intestinal. Las fibras hidrosolubles (pectina y guar, entre otras) tienen la propiedad de disminuir la velocidad de la absorción intestinal de la glucosa (el vaciamiento gástrico resulta más lento), y además dificultan el contacto con el epitelio intestinal absorbente.

- **Colesterol en la sangre**

La fibra (la fracción soluble) también tiene efectos hipocolesterolémicos. Algunos de estos compuestos son las pectinas, galactomanos (gomas) y concentrados cítricos (Rasgado, 2016).

- **Glucemia**

El efecto se produce principalmente por la fracción soluble, pectinas y gommas que tienden a reducir la velocidad con la que la glucosa llega a la sangre y la secreción de insulina.

Por otro lado, un efecto negativo de la fibra dietética que se tiene que considerar es que las dietas con alto contenido de fibra, pueden modificar el balance de algunos cationes metálicos como el hierro, cinc, calcio, magnesio y la vitamina B12, con lo que puede causar

un desequilibrio de minerales. También el consumo alto de la fibra puede producir fitobenzosatos, que pueden causar una obstrucción gastrointestinal e incluso aumentar la excreción de nitrógenos, por lo que se puede entorpecer la digestión y la absorción de proteínas.

Debido a los aportes a la salud, la fibra se convierte en foco de atención para los investigadores buscando nuevas alternativas para obtenerla (Rasgado, 2016).

1.6.1.1.3 Fibra de cacahuete

La industria del cacahuete es una de las principales generadoras de desechos agroindustriales (cáscara), mismos que se pueden convertir en materia prima para la elaboración de diversos productos, asegurando así la utilización de éstos, ya que Alimentos los subproductos, residuos o excedentes agroindustriales deben ser considerados cada vez más como recursos potenciales. Dentro de la composición química del cacahuete, las proteínas y las grasas ocupan los mayores porcentajes; sin embargo en la cáscara del producto, se puede encontrar alto contenido de fibra. La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa, las pectinas y la lignina. La fibra dietética tiene numerosos beneficios para la salud entre los que hay que destacar el efecto protector cardiovascular, especialmente de la fibra soluble, avalado por grandes estudios clínicos y epidemiológicos, en los que se evidencia el efecto beneficioso de la fibra dietética sobre la hipercolesterolemia, diabetes tipo 2, obesidad, hipertensión arterial, síndrome metabólico y proteína C reactiva como marcador de inflamación (Guerrero-Colin *et al.*, 2016).

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollo de una botana tipo tortillas chip a partir de la mezcla de harina de maíz y amaranto adicionada con fibra de cacahuate que permita obtener un producto funcional.

Objetivo Particular 1

Establecer la formulación de un prototipo de botanas tipo tortillas chip con 3 proporciones diferentes de harinas (80-20 %, 70-30%, 60- 40% maíz – amaranto) evaluando los atributos de color, sabor y textura mediante una prueba sensorial para evaluar la aceptabilidad de los consumidores.

Objetivo particular 2

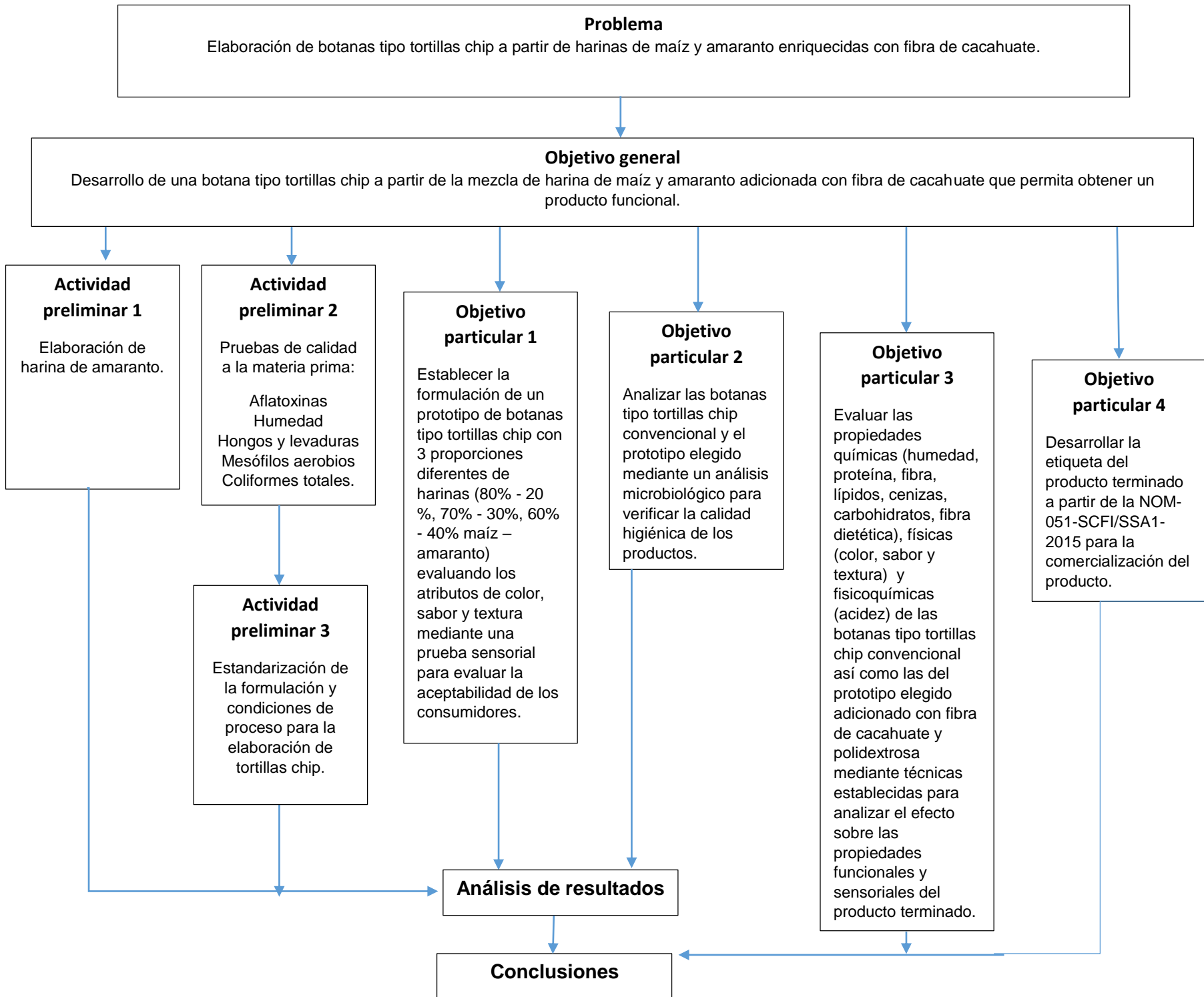
Analizar las botanas tipo tortillas chip convencional y el prototipo elegido mediante un análisis microbiológico para verificar la calidad higiénica de los productos.

Objetivo particular 3

Evaluar las propiedades químicas (humedad, proteína, fibra, lípidos, cenizas, carbohidratos, fibra dietética), físicas (color, sabor y textura) y fisicoquímicas (acidez) de las botanas tipo tortillas chip convencional así como las del prototipo elegido adicionado con fibra de cacahuate y povidexrosa mediante técnicas establecidas para analizar el efecto sobre las propiedades funcionales y sensoriales del producto terminado.

Objetivo particular 4

Desarrollar la etiqueta del producto terminado a partir de la NOM-051-SCFI/SSA1-2015 para la comercialización del producto.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material biológico

El grano de amaranto se adquirió en una tienda de productos de amaranto ubicada en Tulyehualco, colonia de la Delegación Xochimilco reconocida por ser la sede de la Feria del amaranto en la Ciudad de México, mientras que la harina de Maíz MASECA se adquirió en un centro comercial ubicado en la ciudad de México. La polidextrosa (Litesse) se obtuvo a partir de una muestra proporcionada por Millikan. Se eligió por su alto contenido en fibra y por sus propiedades químicas para comportarse como un sustituto de grasa. La fibra de cacahuete fue proporcionada por el Laboratorio de Poscosecha ubicado en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC). Fue obtenida por método químico de trabajos previo de Jesús Guerrero Colín (Extracción de fibra de los desechos agroindustriales de cacahuete, para su aplicación en el desarrollo de alimentos).

3.2 Tratamiento de la materia prima

Una vez obtenido el amaranto, se llevó a cabo una molienda para obtener la harina que serviría para la elaboración de la botana, esto se realizó en un molino de martillos PULVEX modelo MM 200ajustado con una malla 0.18 mm, equivalentes a malla No. 70.

3.3 Evaluación de la calidad de las harinas

Antes de proceder a realizar la botana tipo tortilla chip, se determinó la calidad de las harinas evaluando la cantidad de aflatoxinas presentes en ppb, el contenido de humedad (NOM-247-SSA1-2008) y Análisis Microbiológicos con base a las Normas: NOM-113-SSA1-1994, NOM-247-SSA1-2008, NMX-F-255-1978 (cuenta de coliformes totales, cuenta de mesófilos aerobios, cuenta de mohos y levaduras), los métodos empleados se describen en el punto 3.9 apartado de técnicas. Es de suma importancia evaluar las harinas utilizadas en la elaboración de tortillas chip, es decir, que los límites permitidos de humedad y presencia de microorganismos, así como la cantidad de aflatoxinas, se encuentren dentro de los límites establecidos en la normatividad. De esta forma, su consumo no representará un riesgo a la salud del consumidor, además de favorecer la regulación de acuerdo a la legislación de alimentos y su competitividad para introducirlo a un determinado mercado.

3.4 Formulación y condiciones de proceso

Una vez establecida la calidad de las harinas a emplear se procedió a formular diferentes prototipos de tipo tortillas chip y una formulación convencional ya establecida. Esta formulación es la más cercana a la utilizada para elaborar las tortillas chip comerciales. Fue propuesta por Herrera y Gallardo (2005), se muestra en la Tabla 10. Esta se empleó como formulación convencional, elaborada con 100% harina de maíz.

Tabla 10. Formulación para la elaboración de tortillas chip convencionales bajas en grasa.

Componente	Proporción (%)
HARINA	60
MATERIA GRASA	8
SAL	1
AGUA	31

Fuente: Herrera y Gallardo (2005).

Para la obtención de la botana se propusieron tres prototipos de tortillas chip con diferentes formulaciones las cuales se muestran en la Tabla 11 comparando las diferentes proporciones utilizadas en cada formulación. Estos prototipos se eligieron de 20 ensayos los cuales se encuentran en el Anexo A. La formulación empleada para el prototipo final se eligió mediante la evaluación sensorial de los tres prototipos anteriores.

Tabla 11. Tabla Formulación para la elaboración de botana tipo tortillas chip.

Ingrediente	Tortillas chip				
	Convencionales	Prototipo 900 (80% maíz – 20% amaranto)	Prototipo 333 (70% maíz – 30% amaranto)	Prototipo 000 (60% maíz – 40% amaranto)	Prototipo final (60% maíz – 40% amaranto)
Harina de maíz	60	32.368	28.32	24.276	28.2978
Harina de amaranto	-	8.092	12.138	16.184	18.8652
Litesse	-	-	-	-	4
Aceite	8	5.351	5.351	5.351	4
Sal	1	0.668%	0.668%	0.668%	0.77
Agua	31	53.513%	53.513%	53.513%	44.044
Fibra de cacahuete	-	-	-	-	0.1
Total	100%	100%	100%	100%	100%

El procedimiento que se utilizó para la elaboración de las tortillas chip convencional y prototipo se muestra en la Figura 11.

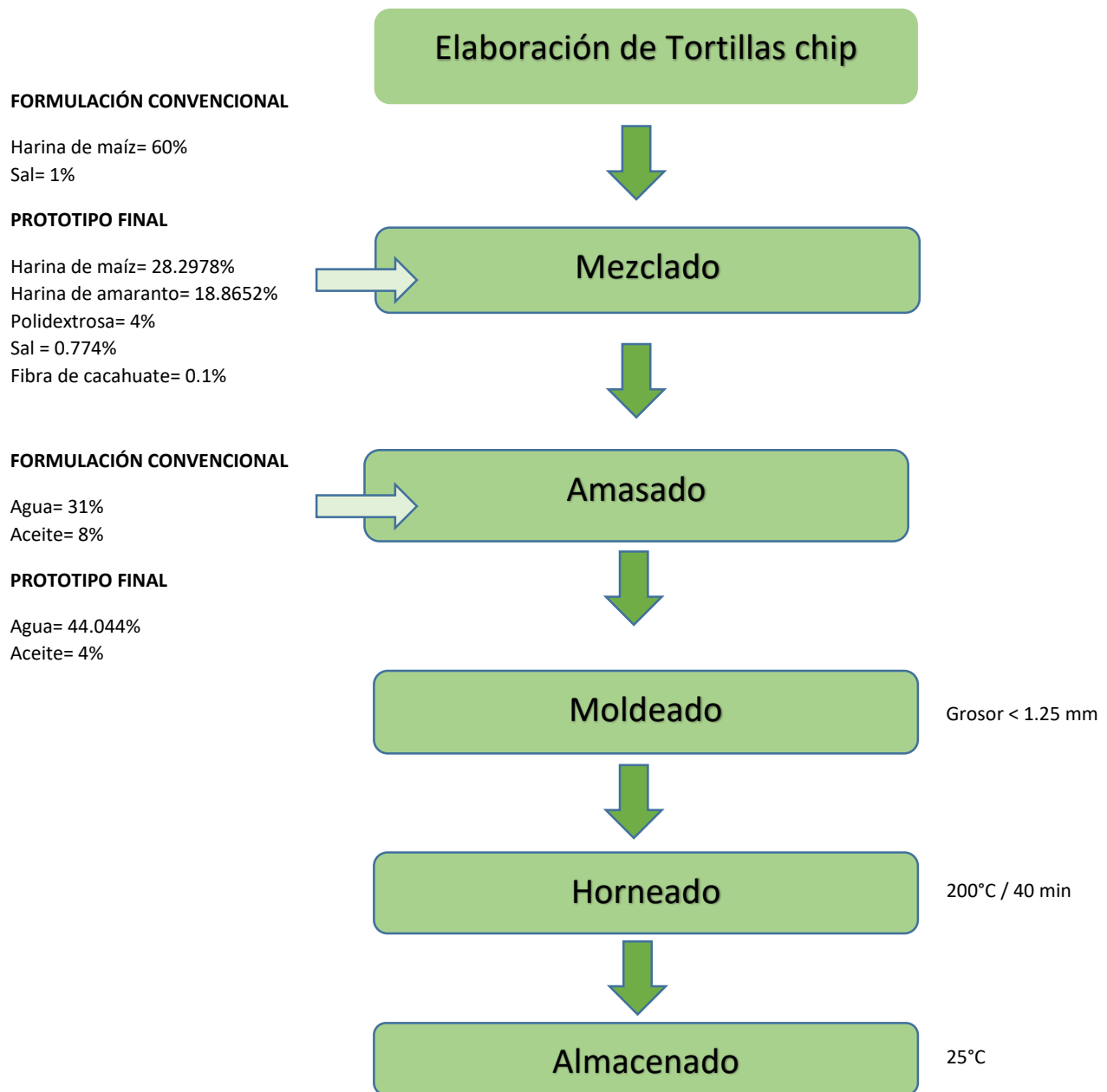


Figura 11. Diagrama de proceso para la elaboración del prototipo de tortillas chip.

El mezclado para las tortillas chip se realizó colocando la harina y la sal en un recipiente, al

cual se le añadió la povidexrosa y fibra de cacahuete y posteriormente se agitó enérgicamente con un agitador. Posteriormente se agregó el agua a los ingredientes dentro del recipiente, para después agregar el aceite. El amasado se llevó a cabo manualmente durante 3 minutos hasta obtener una masa uniforme con todos los ingredientes completamente incorporados. Para el moldeado se utilizó un rodillo de madera y un molde en forma triangular. Con ayuda de un Vernier se midió el grosor de cada tortilla chip, el cual debía tener 1.25 mm de espesor. El horneado se llevó a cabo en un horno eléctrico marca Hamilton Beach en el modo “convección” a 200°C durante 40 minutos, como se muestra en el diagrama de procesos (Figura 11).

3.5 Evaluación de prototipos de tortillas chip

Para elegir la proporción de harinas que llevará el modelo final de tortillas chip se realizaron 3 prototipos, con 3 cantidades diferentes de harinas (maíz – amaranto 80-20 %, 70-30 %, 60-40 %). Estos prototipos se eligieron partiendo de la formulación de tortillas chip convencionales y posteriormente realizando ensayos para encontrar las proporciones de ingredientes adecuadas, así como las condiciones de proceso que permitieran obtener tortillas chip de consistencia rígida y crujiente. Se elaboraron 100 g de cada formulación para realizar una prueba sensorial de aceptación al público en general, evaluando los atributos de sabor y textura. La Evaluación se llevó a cabo en el CAT- UNAM, con estudiantes de Ingeniería en Alimentos de la FES-C campo 1. El rango de edades de los panelistas fue de 18 a 51 años

El formato de la prueba sensorial de aceptación se muestra en la Figura 12. Los resultados se trataron estadísticamente con el software SPSS statistics 22.

A continuación se presentan tres muestras de tortillas chip hechas con tres diferentes concentraciones de harinas. Pruebe de izquierda a derecha enjuagando con agua entre cada muestra e indique en la tabla siguiente el grado en que le gusta cada uno de los atributos (siendo 1 lo más desagradable y 10 lo más agradable).

Muestra	Sabor	Textura
900		
333		
000		

Ordene las muestras de acuerdo a su preferencia siendo 1 la que más le agradó y 3 la que más le agradó.

1.
2.
3.

Figura 12. Formato de evaluación sensorial.

3.6 Evaluación de la calidad higiénica de los productos

La calidad higiénica de los productos se realizó mediante pruebas microbiológicas, determinando cuenta de coliformes totales, cuenta de mesófilos aerobios y cuenta de hongos y levaduras.

Dichas pruebas se realizaron al prototipo elegido en la prueba sensorial y a la tortilla chip convencional. Las técnicas que se utilizaron se muestran en la Tabla 12 y se desarrollan en el apartado 3.9 “técnicas establecidas”.

Tabla 12. Técnicas utilizadas para el análisis microbiológico.

Prueba microbiológica	Norma establecida
COLIFORMES TOTALES	NOM-113-SSA1-1994
MESÓFILOS AEROBIOS	NOM-247-SSA1-2008
MOHOS Y LEVADURAS	NMX-F-255-1978

3.7 Determinación de Propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas

Posteriormente se procedió a realizar un Análisis Químico Cuantitativo a las tortillas chip convencionales y al prototipo final para evaluar y comparar sus propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas. Las pruebas a realizar fueron color, sabor y textura; determinación de humedad, proteína, carbohidratos, fibra cruda, fibra dietética, extracto etéreo, cenizas; acidez. Todas estas pruebas se realizaron por triplicado y posteriormente los resultados se trataron estadísticamente con un análisis ANOVA en el software SPSS statistics 22. En la Tabla 13 se muestran las técnicas analíticas utilizadas, por otro lado, cada una de ellas se desarrolla en el apartado 3.9 de técnicas analíticas.

Tabla 13. Técnicas establecidas para la determinación de las diferentes propiedades.

Variable dependiente	Variable de respuesta	Técnica
SENSORIAL	Color, sabor y textura	Prueba Hedónica de aceptación.
QUÍMICOS	Humedad	NMX-F-083-1986
	Proteína	AOAC 991.20, 2005
	Carbohidratos	Diferencia
	Fibra cruda	NMX-F-090-S-1978
	Grasas	NMX-F-089-S-1978
	Cenizas	NMX-F-066-S-1978
	Fibra dietética	NOM-086-SSA1-1994
	Aminoácidos	HPLC
FÍSICOS	Color	Colorímetro Minolta
FISICOQUÍMICOS	Acidez	NMX-F-102-S-1978

3.8 Desarrollo de la etiqueta del producto terminado

La elaboración de la etiqueta se hizo con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria. Para conocer el aporte calórico de producto terminado se utilizó el factor de Atwater para calcular la energía disponible en los alimentos. Los factores Atwater se expresan en kcal/g y son: 4 para proteínas y carbohidratos y 9 para lípidos. Los resultados de estas multiplicaciones se suman y dan la energía. Originariamente, estos fueron los valores propuestos por Atwater, y se basan en las cantidades de energía que se liberan cuando estos macronutrientes se oxidan metabólicamente, considerando una absorción intestinal incompleta (Ramos, 2007). Los valores arriba citados son los factores promedio de Atwater y se muestra en la Tabla 14.

Tabla 14. Factores Atwater para calcular la energía disponible en alimentos.

NUTRIENTES	ENERGÍA METABOLIZABLE (KCAL/G)
PROTEÍNAS	4
HIDRATOS DE CARBONO	4
GRASAS	9
ALCOHOL	7
POLIDEXTROSA	1
LACTITOL Y MANITOL	2
SORBITOL, XILITOL Y MALTODEXTRINAS	4
ÁCIDOS ORGÁNICOS	3
INULINA Y OLIGOSACÁRIDOS	1.58

Fuente: Ramos, (2007)

3.9 Técnicas analíticas

- **Determinación de Aflatoxinas (AflaTest, VICAM, 2017)**

AflaTest marca Vicam es un método para la cuantificación de aflatoxinas (incluyendo AFB1, AFB2, AFG1, AFG2) utilizando columnas de inmunoafinidad basada en el empleo de anticuerpos monoclonales y un fluorómetro marca Vicam. Se tomaron 25 g de muestra y se agregó 5 g de sal y 100 mL de metanol-agua (80:20). Se llevó a cabo una homogenización a través del empleo de una licuadora marca Oster y posteriormente se filtró el extracto con papel filtro Whatman No.1. Se toma una alícuota del filtrado de 10 mL y se diluyen con 40 mL de agua destilada para volver a filtrar con filtro lana de vidrio de 1.5 micrómetros. A continuación se tomaron 10 mL del filtrado y se colocaron a una columna de Aflatest, después se realizaron dos lavados con 10 mL de agua destilada cada uno. Posteriormente se pasó por la columna 1 mL de metanol grado HPLC y se recolectó 1 mL. Se agregó 1 mL de revelador y se agitó en un vortex. A continuación se procedió a leer la muestra en un fluorómetro marca VICAM. Los resultados se reportaron en ppb.

- **Determinación de humedad (NMX-F-083-1986):**

Esta Norma establece el método para determinar la humedad en productos alimenticios con rango de secado de 95° a 105°C.

Se basa en la pérdida de peso de la muestra por evaporación del agua al aplicar temperatura por un tiempo establecido. El equipo utilizado fue una estufa de convección

marca Quincyt Lab, modelo Af model/40 lab oven. Los resultados se reportan en % de humedad.

- **Determinación de proteínas método de microkjeldhal (AOAC 991.20, 2005)**

Determinación de nitrógeno total por el método de micro-Kjeldahl, utilizando el factor 6.25 para obtener el porcentaje de proteína. Método de la AOAC 991.20 (2005).

Se basa en 3 operaciones: Digestión, en la que se elimina la materia orgánica a través de hidrólisis ácida con ácido sulfúrico concentrado y catalizadores para aumentar la temperatura, obteniéndose amoniaco. Después de la digestión, se destila directamente por arrastre con vapor para capturar las moléculas de nitrógeno en ácido bórico al 4 % y una mezcla de indicadores rojo de metilo y verde bromocresol. Por último se lleva a cabo una destilación con HCl 0.1 N para encontrar la cantidad de nitrógeno presente en la muestra. El equipo utilizado fue un digestor y destilador Kjeldahl. Para finalizar se realiza el cálculo de nitrógeno para multiplicarlo por el factor de conversión (6.25).

- **Determinación de fibra bruta método de Kennedy (NMX-F-090-S-1978)**

Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda. Este método simula la digestión en el organismo por tratamientos ácidos y alcalinos, separando los constituyentes solubles de los insolubles. El equipo que se utilizó fue una bomba marca Felisa modelo Fe-1500L, estufa de convección marca Quincyt Lab, modelo Af model/40 lab oven. Los resultados se reportan en porcentaje de fibra cruda.

- **Determinación de extracto etéreo método Soxhlet (NMX-F-089-S-1978)**

Este método utiliza un sistema de extracción cíclica de los componentes solubles en éter de petróleo que se encuentran en una muestra del alimento a analizar. Posteriormente se evapora suavemente el éter del matraz y se seca hasta peso constante. Una vez realizado lo anterior, se colocan 2 g de la muestra en un cuadro de papel filtro Whatman de poro mediano, este se dobla y se introduce en un cartucho. El cartucho se coloca dentro de un extractor, mismo que se ensambla sobre un matraz bola que contiene éter de petróleo (solvente). Este solvente se evaporará y condensará para que se lleve a cabo la extracción de la grasa de la muestra. Los resultados se reportan en porcentaje de extracto etéreo.

- **Determinación de cenizas (NMX-F-066-S-1978).**

Este método se basa en la eliminación de la materia orgánica por calcinación, obteniendo materia inorgánica de la muestra. En este método toda la materia orgánica se elimina aplicando temperatura que fluctúa entre los 550 - 600°C durante 5 horas; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. El equipo utilizado fue una mufla marca Novatech modelo MD12. Los resultados se reportan en porcentaje de cenizas por diferencia de peso.

- **Determinación de fibra dietética (NOM-086-SSA1-1994).**

Método enzimático gravimétrico para fibra dietética total soluble e insoluble en alimentos. Se realiza mediante digestión con enzimas termoestables en alimentos. Este método se basa en digerir las proteínas e hidratos de carbono con enzimas, el remanente se adjudica a la Fibra dietética previo descuento del contenido de cenizas y proteínas remanentes. Puede determinarse la fibra dietética insoluble sola, o, por precipitación con alcohol, se puede incluir la fibra dietética soluble y se pueden determinar separadas o juntas (Grossi *et al.*, 2012. El equipo utilizado fue una bomba marca Felisa, modelo: Fe-1500L y estufa de convección marca Quincyt Lab, modelo Af model/40 lab oven. Los resultados se reportan en porcentaje de fibra dietética total.

- **Determinación de Acidez (NMX-F-102-S-1978).**

Representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando la muestra con una base fuerte (NaOH). Se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba, usando fenolftaleína como indicador. Los resultados se muestran en mL de NaOH gastados por cada 100 g de producto en porcentaje de acidez y/o porcentaje de acidez.

- **Color (Colorimetría konica minolta).**

El color se determina por medio del sistema Hunter Lab que está basado en la sensibilidad del color al ojo humano. Los colorímetros son instrumentos más sofisticados que muestran la medida del color “triestímulos” basada en los tres colores primarios rojo, verde y azul, los cuales son vistos por los humanos. Las mediciones proporcionan datos sobre cómo estos tres elementos están presentes en la luz reflejada ó transmitida por un producto alimenticio. Estos datos se pueden utilizar para ajustar los componentes de color en una formulación para mejorar la “percepción visual.” El equipo utilizado fue un colorímetro marca Konica

Minolta modelo CM-600D con 12 repeticiones. Posteriormente los resultados se trataron estadísticamente con un análisis ANOVA en el software SPSS statistics 22 para encontrar diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

- **Determinación de Coliformes Totales (NOM-113-SSA1-1994):**

El grupo de los microorganismos coliformes es el más ampliamente encontrado en microbiología de los alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas.

Se utilizó el medio selectivo de agar rojo violeta bilis marca BD Bioxon para determinar la presencia de coliformes, bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35 °C por un lapso de 24h fermentan formando ácido, ocasionando en las colonias desarrolladas el vire del indicador rojo presente en el medio y la precipitación de las sales biliares. Se contaron las colonias presentes y se calculó el número de coliformes por mL o por gramo de producto, multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución correspondiente. Si en las placas no hay colonias características, reportar el resultado como: menos de un coliforme por 1/d por gramo, en donde “d” es el factor de dilución (NOM-113-SSA1-1994).

- **Determinación de Mesófilos aerobios (NOM-247-SSA1-2008):**

Esta técnica no pretende detectar a todos los microorganismos presentes, pero el medio de cultivo agar nutritivo marca BD Bioxon, las condiciones de temperatura y la presencia de oxígeno, permiten seleccionar grupos de bacterias cuya presencia es importante en diferentes alimentos; las bacterias mesófilos aerobios son un indicador general de la población que pueden estar presente en una muestra y, por lo tanto, de la higiene con que ha sido manejado el producto.

Placas sin colonias: Cuando las placas de todas las diluciones no muestran colonias, reportar la cuenta en placa como menor que una vez el valor de la dilución más baja usada (NOM-247-SSA1-2008).

Reportar como Unidades formadoras de colonias, ___ UFC/g o ml, de bacterias aerobias en placa en agar, incubadas _____ horas a _____ °C (NOM-247-SSA1-2008).

- **Determinación de Mohos y Levaduras (NMX-F-255-1978):**

Los hongos y levaduras son microorganismos que tienen interés como causa de alteración. Contar las colonias de hongos incubadas a 35 °C. Multiplicar por la inversa de la dilución e

informar "Cuenta de hongos en placas agar-papa dextrosa marca BD Bioxon acidificada e incubada durante 5 días a 35 °C", por gramo o mililitro de la muestra.

- **Análisis Estadístico:**

El análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics 22 mediante un ANOVA y una comparación de medias con la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $p=0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de la calidad en las harinas de maíz y amaranto para elaborar una botana tipo tortilla chip

Se evaluó la calidad de las harinas de maíz y amaranto para determinar si podrían emplearse en la elaboración de la botana tipo tortilla chip. La calidad de las harinas se determina con su contenido de humedad, presencia de microorganismos, cuantificación de micotoxinas (aflatoxinas) y tamaño de partícula. Es de suma importancia determinar esta calidad antes de usar las harinas en la elaboración de los productos, ya que además de asegurar que no representará un riesgo al consumidor, se cumple con la regulación de alimentos de acuerdo a los límites establecidos en las normas (NOM-147-SSA1-1996), favoreciendo la comercialización de los productos en los mercados a los que se desea destinar. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de las pruebas de calidad del material biológico

Harina	Aflatoxinas Nom ≤ 20 ppb	Humedad (%) Nom $\leq 15\%$	Hongos y levaduras (UFC / ml)	Coliformes totales (UFC / ml) Nom ≤ 30
Maíz	5	8.5	Ausente	Ausente
Amaranto	1	8.2	3	Ausente

La capacidad de rendimiento de molienda del grano de trigo se puede ver afectada por el contenido de humedad, forma, tamaño del grano, espesor de la corteza, adhesión de la corteza o cáscara al endospermo, contenido del germen y porcentaje de impurezas (Andrade, 2006).

La harina de amaranto presentó tan solo 1ppb de aflatoxinas. Según (Coromonto y Mazzani, 2012), las aflatoxinas son producidas principalmente por *Aspergillus flavus* y *A. parasiticus*; son de las toxinas más peligrosas, habiéndose demostrado que el consumo repetido de dosis bajas tiene efecto mutagénico, teratogénico y cancerígeno en animales y humanos, además de ser letales a dosis altas. El consumo de alimentos contaminados con aflatoxinas ha sido correlacionado con cáncer hepático de algunas poblaciones humanas de África y Asia. Como se observa en la tabla 15, la presencia de aflatoxinas se encontró dentro de los límites permitidos por la NOM-147-SSA1-1996.

En la tabla 15 se muestra el contenido de humedad de las harinas, que es bastante similar entre ambas (8.2 y 8.5%) y se encuentran dentro del límite establecido por la NOM-147-SSA1-1996. Valores mayores al 15% (NOM-147-SSA1-1996) representan un riesgo mayor para el almacenamiento de la harina por ser más susceptible al ataque de microorganismos y reacciones químicas (Andrade, 2006).

Según Andrade (2006), el contenido de humedad de las harinas reportado por diferentes autores es muy variable, Mesas y Alegre (2002) reportan un intervalo de 13-15%. Miralbes (2003), reporta harinas con un intervalo de humedad de 8-18%, Angioloni *et al.*, (2005) en dos harinas reportan (13.8 y 14.23%), Veraverbeke *et al.*, (1998), (13.98%). Garrido *et al.*, (2002) reportan harinas con diferentes aditivos valores entre (14.2-14.4%). La importancia de conocer el contenido de humedad permite predecir la vida de anaquel de la harina, valores altos de humedad en la harina las hace más susceptibles al deterioro, y más propensas al ataque por hongos y plagas que puedan causar daños.

Como se observa en la Tabla 15 no hubo presencia de coliformes totales, mientras que la presencia de hongos y levaduras se encontró dentro de los límites permitidos por la norma. La presencia de coliformes en los alimentos indica una posible contaminación, cuando se encuentran en el entorno del alimento se denominan totales, cuando provienen del tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente se denominan fecales, por lo cual el consumidor en caso de ingerir ese alimento podría estar expuesto a bacterias entéricas (Haller *et al.*, 2009). Como se observa en la Tabla 15 las bacterias coliformes son ausentes, descartando un riesgo a la salud.

4.2 Selección del prototipo tortilla chip

Con las tortillas chip elaboradas con las diferentes proporciones de harinas se realizó una prueba sensorial de aceptación. En la Figura 13 se muestran los resultados obtenidos en donde se observa que la prueba sensorial, permitió elegir el prototipo preferido por el público general que se encuentra en un intervalo de 18 y 51 años. Como se muestra en la Figura 16, el prototipo elaborado con 60% Maíz y 40% amaranto fue el que obtuvo las calificaciones más altas para el atributo de sabor (siendo 1 lo más desagradable y 10 lo más agradable), con una calificación promedio de 7.46, seguido del prototipo elaborado con 70% Maíz-30% amaranto obteniendo una calificación promedio de 6.98 y al final el prototipo elaborado con 80% Maíz y 20% amaranto obteniendo una calificación promedio de 6.52.

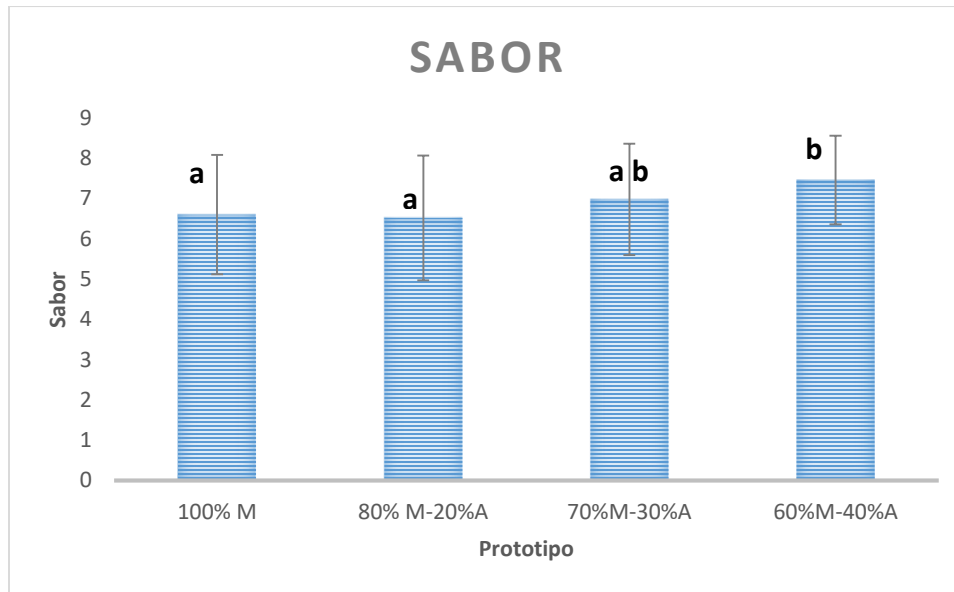


Figura 13. Evaluación del sabor en los prototipos de la botana tipo chip.
 Formulaciones: 100% M (100% Maíz), 80%M-20%A (80%Maíz-20%Amaranto), 70%M-30%A (70%Maíz-30%Amaranto) y 60%M-40%A (60% Maíz-40%Amaranto).

Las letras representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Se observa que los panelistas encontraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en el sabor de los prototipos 60% Maíz-40% Amaranto, teniendo una mayor calificación en la formulación con mayor concentración de amaranto lo que indicaría que al aumentar el contenido de esta harina dentro de la formulación de la tortilla chip, es más agradable para los consumidores, lo cual puede deberse a la relación que existe entre el sabor de la harina de amaranto y los productos más representativos elaborados a partir de este pseudocereal, como alegrías, granolas, tamales, atoles, pinole, mazapán, etc. Otros productos que también se elaboran a base de amaranto son cereales enriquecidos, tortillas, galletas, panqués, horchata, bebidas chocolatadas, hojuelas, harinas.

En la literatura se menciona que el calentamiento del agua durante el horneado causa gelatinización del almidón y desnaturalización de proteínas que interaccionan con fibra y grasa creando una estructura que al deshidratarse es responsable de la textura de la tortilla. Las características físicas y químicas de la masa deben ser adecuadas para crear esta estructura durante el horneado (Amador, 2015).

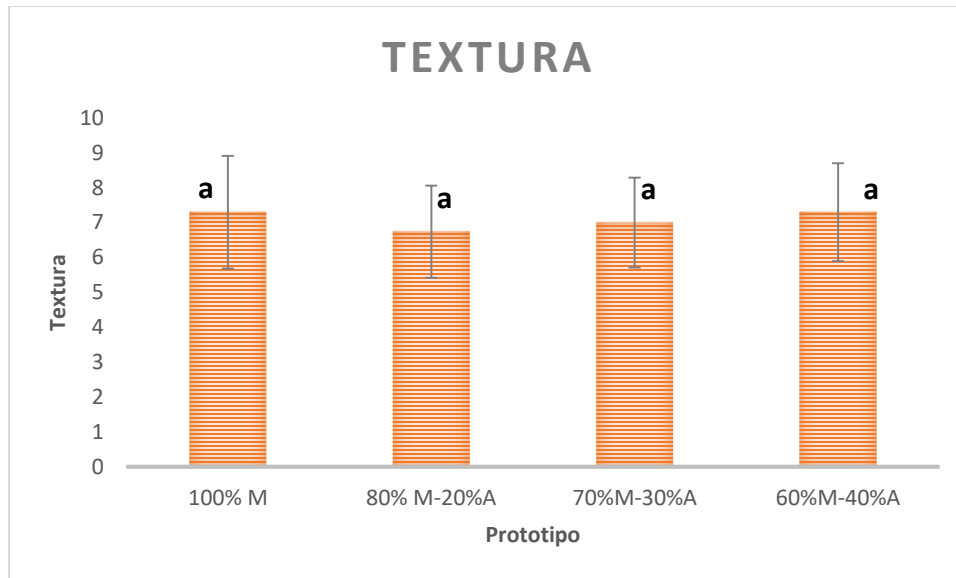


Figura 14. Evaluación de la textura en los prototipos de la botana tipo chip. Formulaciones 80%M-20%A (80%Maíz-20%Amaranto), 70%M-30%A (70%Maíz-30%Amaranto) y 60%M-40%A (60% Maíz-40%Amaranto). Las letras representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En el atributo de textura (Figura 14) no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las botanas elaboradas con las diferentes formulaciones, lo cual indicaría que la presencia de la harina de amaranto dentro de la formulación no fue detectada por los panelistas en este parámetro. En todas las formulaciones el horneado se realizó a las mismas condiciones (200°C y 40 min). De esta forma, se aprecia en la Figura 18 que la tortilla chip que obtuvo la mejor calificación para textura fue la elaborada con 60% maíz - 40% amaranto (7.3), seguida de la elaborada con 70% maíz - 30% amaranto (7) y al final la elaborada con 80% maíz - 20% amaranto (6.74).

Acevedo (2015), elaboró botanas tipo churrizo con una mezcla de harinas de maíz y frijol, en la prueba de aceptación reportó que las botanas elaboradas con más harina de frijol (80% frijol - 20% maíz) eran harinosas y poco crujientes, además de presentar la menor calificación (216 puntos), mientras que la proporción de harinas que obtuvo la mayor calificación fue la elaborada con la menor cantidad de harina de frijol (50% frijol - 50% maíz) (285 puntos).

Escobedo (2016), elaboró botanas con mezcla de harinas de amaranto y maíz. Reportó que las botanas elaboradas con mayor proporción de harina de amaranto presentan más crujencia, mejorando así su textura. En la prueba de aceptación, la proporción de harinas que obtuvo la mayor aceptación por los consumidores fue la elaborada con la mayor cantidad de amaranto (80% amaranto - 20% maíz) con una puntuación de 229 puntos. Las

botanas elaboradas con amaranto y mezclas con harina de maíz tienen más aceptación por los consumidores mexicanos que las elaboradas con otros cereales.

El prototipo seleccionado para estudiar en este proyecto fue el elaborado con 60 % Maíz- 40 % Amaranto por haber obtenido la mayor aceptación en los atributos de sabor y textura.

4.3 Evaluación microbiológica de la botana tipo tortilla chip

Como se muestra en la Tabla 16, el prototipo de tortilla chip 60 %M- 40 %A presenta la menor cantidad de microorganismos comparado con la tortilla chip convencional, además de no tener presencia de hongos, levaduras y coliformes totales. La tortilla chip convencional presente 4 UFC/ml en hongos y levaduras.

En ambos casos, las tortillas chip muestran presencia de microorganismos menores al límite máximo permitido por la Norma, lo cual indica que el producto no representa un riesgo en este parámetro para el público y puede ser consumido.

Tabla 16. Resultados del análisis microbiológico.

Microorganismo	Tortilla chip Prototipo (60% Maíz - 40% Amaranto)	Tortilla chip Convencional (100% Maíz)
Hongos y levaduras	10 ⁻¹	4 UFC/ml
Mesófilos aerobios	3 UFC/ml	4 UFC/ml
Coliformes	≤10 ⁻¹	Sin UFC en la dilución más baja (10 ⁻¹)

El contenido de humedad de las harinas podría ser un factor influyente en la presencia de microorganismos en los productos terminados. La harina de amaranto presentó 8.2%, mientras que la harina de maíz presentó 8.5% (Tabla17).

El parámetro de humedad en las harinas es importante, porque está relacionado con la vida de anaquel de las harinas. Cuando estas tienen un contenido de humedad del 10% al 12%, son estables frente a la contaminación microbiana; si esta humedad supera el 12%, el producto es atacado fácilmente por mohos y levaduras. Por otro lado la baja humedad de la harina puede contribuir a la conservación fisicoquímica de la misma, porque retarda la rancidez de los lípidos y reduce la actividad enzimática, manteniendo por mayor tiempo sus características (Contreras, 2009).

Tabla 17. Humedad de las harinas utilizadas para la elaboración de tortillas chip.

	Harina de Amaranto	Harina de maíz
Humedad (%)	8.20 ±0.50	8.50±0.52

Las UFC de hongos, levaduras, mesófilos aerobios y coliformes totales de las tortillas chip elaboradas con la formulación convencional fueron mayores que en las tortillas chip prototipo (Figura 19). Además del contenido de humedad en las harinas, Servicio Andaluz de empleo (2017), sugiere que otros posibles factores que influyen en el crecimiento microbiano de los alimentos son los factores intrínsecos: Nutrientes del alimento, pH, actividad de agua, estructura biológica del alimento, potencial redox; los factores extrínsecos: Temperatura del ambiente, tiempo, humedad relativa del ambiente, ambiente atmosférico, factores de procesamiento y las buenas prácticas de manufactura. Durán (2015) evaluó la calidad sanitaria de 6 marcas comerciales de totopos adquiridas en diferentes puntos de la ciudad, elaboradas con 3 procesos diferentes: freído, horneado y deshidratación. Las botanas horneadas presentaron entre 10 y 90 UFC/g en la cuenta de bacterias mesófilas, hasta 1 UFC/15 g en la cuenta de bacterias coliformes y entre 7 y 16 UFC/g en la cuenta de mohos y levaduras. La presencia de estas bacterias nos indican que no se están llevando a cabo el cumplimiento de las buenas prácticas de almacenamiento, como es el no tener un buen manejo de la materia prima durante el almacenamiento que se ven reflejadas en el producto final o una posible contaminación post proceso.

Como se muestra en la Tabla 18, el prototipo de tortillas chip elaborado con 60%M- 40%A tiene menor presencia de microorganismos comparado con otras 6 marcas que Durán (2015) mantuvo en confidencialidad.

Tabla 18. Presencia de microorganismos en diferentes botanas.

	Mesófilos (UFC/g)	Coliformes (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)
Marca 1	52	Ausente	7
Marca 2	10	1	1
Marca 3	18	Ausente	3
Marca 4	50	Ausente	7
Marca 5	84	1	12
Marca 6	20	Ausente	18
Prototipo (60%M-40%A)	3	Ausente	Ausente

Fuente: Durán (2015). Los nombres de las marcas se encuentran en confidencialidad por el autor de la fuente.

4.4 Evaluación de las propiedades químicas, físicas y fisicoquímicas

Las propiedades químicas de las tortillas chip prototipo y convencionales, se evaluaron con un análisis químico proximal. Posteriormente, se compararon los resultados obtenidos con los de las botanas de otros autores y con algunos productos que se encuentran en el mercado. La tabla 19 muestra los resultados obtenidos en el análisis químico proximal para las tortillas chip prototipo y las convencionales, así mismo muestra una comparación entre ambos productos.

Tabla 19. Resultados del análisis químico proximal (porcentaje).

Propiedad	Tortilla chip Prototipo (60% Amaranto - 40% Maíz)	Tortilla chip Convencional (100% Maíz)
Humedad	4.25±1.41	10.26±3.02
Proteína	9.05±0.73	6.76±1.04
Fibra cruda	2.54±0.18	1.47±0.21
Carbohidratos	56.18 ± 0.00	51.42*
Lípidos	10.35±0.52	15.85±0.81
Cenizas	0.84±0.02	2.14±0.18
Fibra dietética	16.79±0.33	12.10±0.7
Total	100%	100%

El símbolo \pm representa la desviación estándar de tres repeticiones. El símbolo * indica cálculo por diferencia.

4.4.1 Humedad

El contenido de humedad de la tortilla chip convencional fue de 10.26% mientras que la del prototipo fue de 4.25%. Se puede apreciar que la mezcla de harinas tuvo un impacto apreciable en el contenido de humedad. En los cereales, la capacidad de absorber o retener agua en su matriz depende del contenido de almidones presentes en él (Inzunza y Vieyra, 2016). Dentro de la composición química del maíz, el almidón es el principal constituyente, alcanzando niveles de 80-84% del peso total del grano en base seca, mientras que en el amaranto el almidón representa entre un 50% y 60% de su peso seco (Tovar, 2008). Como se muestra en la Tabla 19, el contenido de humedad del prototipo de tortilla chip fue menor que la de la tortilla chip convencional, lo cual se puede deber a que, la tortilla chip prototipo al estar elaborado con un 60% de harina de amaranto y 40% de harina de maíz, tiene un

menor contenido de almidón que la convencional. Es decir, tiene una retención de agua menor.

4.4.2 Proteínas

El amaranto, en comparación con los cereales convencionales, cuenta con un gran contenido de proteínas, grasas, fibra, agua y carbohidratos, es la razón por la cual este alimento se está estableciendo como el grano de mayor contenido calórico y por tanto, es considerado como un cereal con alto valor nutricional.

Las proteínas afectan propiedades durante el procesamiento, almacenamiento y preparación de los alimentos; alteran interacciones hidrofóbicas y puentes disulfuro, lo que nos da un cambio en la elasticidad; también pueden ligar grasa y sabores por propiedades de atrapamiento. La nixtamalización implica un tratamiento selectivo de proteínas del maíz. Durante el proceso de cocimiento alcalino del maíz, la zeína, una proteína nutricionalmente pobre, reduce su solubilidad y con ello la disponibilidad de aminoácidos esenciales; pero también se ha observado por el contrario que se pierde un cierto valor nutricional con el tratamiento alcalino (Amador, 2015). Martínez-Flores *et al.*, (2002) encontraron que el grano nixtamalizado disminuye en un 1.9% el contenido proteico, un 10.3% el contenido de lípidos y 30.7% el de fibra dietética. Por esta razón es posible que el contenido de proteínas haya disminuido en los productos después de que el grano haya pasado por un proceso térmico e incluso el amaranto al someterse a deshidratación en mezcla con la harina de maíz, también podría caracterizarse por esta pérdida de contenido proteico. Las tortillas chip prototipo presentaron un 9.05% de proteínas mientras que las convencionales presentaron 6.76%, es decir, presentaron un aumento del 25.30%. A pesar de que el contenido teórico según la Tabla 19 sería del 10.74% de proteínas para las tortillas chip prototipo y del 10.3% para las convencionales, la NOM-086-SSA1-1994, bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, establece que para que un alimento se considere fortificado, los límites mínimos y máximos permitidos en la adición son del 5 al 100% por porción de la ingestión diaria recomendada.

4.4.3 Carbohidratos

Las tortillas chip prototipo presentaron un mayor contenido de hidratos de carbono con un 56.18% en comparación con las convencionales del 51.42%. Aunque el alto contenido de carbohidratos sea un indicador de un producto poco recomendable para la salud, el aumento de carbohidratos del 9.2% es menor que el porcentaje reportado en la etiqueta del

producto comercial de la marca Doritos que se encuentra en el mercado, presentando un 64.4%. También presentan un menor porcentaje que los resultados reportados por Acevedo (2015) donde la botana tipo churrito a base de harinas de frijol que desarrolló, presentó un aumento del 25% de carbohidratos. El componente principal de la semilla de amaranto es el almidón, representa entre 50% y 60% de su peso seco. El componente químico principal del grano de maíz es el almidón al que corresponde hasta un 73% del peso del grano, estos factores podrían ser influyentes en el contenido de carbohidratos.

Escobedo (2016) reportó el contenido de carbohidratos de 3 prototipos de botanas elaborados con 3 proporciones de harinas de maíz y amaranto. Para la proporción de 50%A-50%M (amaranto-maíz), reportó un contenido de carbohidratos de 75.14%, para 60%A-40%M 73.69% y para 80%A-20%M 66.13%. Las botanas elaboradas en este proyecto son 18.96% menor. Meza (2016), reportó contenido de carbohidratos de entre 54.23% y 74.38% con proporciones de 50% amaranto y 50% harina de plátano. El producto comercial Doritos de la marca Sabritas.

4.4.4 Lípidos

Como se muestra en la Tabla 19, los lípidos en las tortillas chip prototipo y convencionales fueron del 10.35% y 15.85% respectivamente. Este resultado está directamente relacionado con la adición de povidexrosa, que es un ingrediente alimentario multifuncional que se emplea como sustituto del azúcar, grasas y calorías, y aumenta el contenido en fibra de los alimentos, por lo cual se sustituyó el 50% del aceite empleado en la formulación por povidexrosa. A su vez suele utilizarse como estabilizante, aportando a la tortilla chip prototipo las propiedades que aporta el aceite. Al elaborar las masas, la pegajosidad no aumentó por la falta del aceite y las propiedades, como la capacidad para formar la masa y la textura de la tortilla, fueron adecuadas para su elaboración y su posterior aceptación. La NOM-086-SSA1-1994, bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, establece que un alimento se considera reducido en grasa cuando presenta 25% menos que el original. La reducción de grasa de las tortillas chip prototipo fue del 34.7%. La mayoría de las botanas elaboradas con maíz, aportan gran cantidad de carbohidratos, sin embargo las considerables cantidades de grasas se encuentran presentes debido a que estos productos son sometidos a procesos de freído (Escobedo, 2016), incluso algunos autores han investigado procesos para la reducción del contenido de grasa en tortillas chip de maíz aplicando pre-tratamientos como el escaldado o el secado de impacto (*impigment drying*) antes del freído (Amador, 2015). El horneado

permitió evitar usar grandes cantidades de grasa para la elaboración de los productos, lo cual favorece a este proyecto con respecto a otras marcas comerciales que elaboran sus botanas mediante procesos de freído. Algunas de estas botanas comerciales que contienen un porcentaje de amaranto en sus formulaciones son Nutrisa y Quali. Estas declaran porcentajes de 32.9% y 28.15% respectivamente. Aunque sus productos se someten a un proceso de freído, las tortillas chip elaboradas en este trabajo se realizaron por horneado, disminuyendo el porcentaje total de lípidos. Algunos autores afirman que el gusto de las botanas es por el sabor de sus grasas, los condimentos y sabores utilizados en su elaboración; cosa que no se logra en los productos bajos en grasas. Sin embargo, Escobedo (2016) reportó en sus botanas tipo churrito un porcentaje de 5.15% de lípidos; mientras que Acevedo (2015) reportó 2.28% en sus botanas elaboradas con harinas de maíz y frijol; Meza (2016) 15.44% en sus botanas elaboradas con harinas de amaranto y plátano; Amador (2015) reportó hasta un 5.55% en totopos elaborados con harina de huitlacoche. Todos estos proyectos, incluyendo el que presenta este trabajo, redujeron los lípidos de sus respectivas botanas y fueron aceptados por los consumidores en pruebas de aceptación.

4.4.5 Fibra

Como se muestra en la Tabla 19, el contenido de fibra cruda y dietética en el prototipo de tortillas chip es de 1.07 % y 4.69% mayor que en las convencionales debido a la adición de la fibra de cáscara de cacahuete y povidexrosa en la formulación. La Povidexrosa posee características de fibra por lo tanto puede ser utilizada como fuente de fibra o como prebiótico con efectos benéficos para la flora intestinal (Olagnero, 2007). Las propiedades de la fibra de cacahuete son semejantes a las del salvado, es decir, se hidrata, absorbe agua y contribuye a incrementar la velocidad del tránsito intestinal (Lugo, 2016). De esta forma se obtuvo un incremento de hasta el 57.99% en el contenido de fibra cruda para las tortillas chip prototipo. La norma oficial Mexicana de especificaciones nutrimentales de alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición (NOM-086-SSA1-1994), establece que los alimentos adicionados con fibra son aquellos en los que el contenido de fibra es igual o mayor de 2,5 g/porción en relación al contenido del alimento original o de su similar. El contenido de fibra en las tortillas chip prototipo del 16.79% representa 4.1975 g de fibra dietética por una porción de 25 gr. Esta cantidad supera a la presentada en las tortillas chip convencionales (3.025 g/porción) por un 4.69% y a las de la referencia comercial marca Doritos (1.66 g/porción) por un 10.15%.

4.4.6 Cenizas

Con respecto a las cenizas las tortillas chip prototipo presentaron el 0.84% y las convencionales 2.14% (Tabla 19). El ensayo más practicado para verificar la calidad y el proceso de la molienda es la determinación de las cenizas. La tortilla chip prototipo fue elaborada con el 40% de harina de amaranto. Dicha harina resultó ser de alta calidad debido a que según Andrade (2006), cuanto más bajo sea el contenido de cenizas, más alta será la calidad de la harina. Escobedo (2016) reportó el 2.15% de cenizas en sus botanas de harinas de maíz y amaranto; Meza (2016), 3.04%;

La calidad de las harinas empleadas en la elaboración de las tortillas chip influyó en el contenido de cenizas de los productos terminados, esta calidad depende de las condiciones de cultivo del grano de amaranto.

4.4.7 Color

Como se muestra en la Figura 18, las tortillas chip convencionales presentan mayor luminosidad que las tortillas chip prototipo. Esto se debe principalmente al color de las harinas ya que según Andrade (2006), el color de la harina depende del proceso de molienda y a su vez del contenido de cenizas (minerales en las harinas). La molienda también es un factor influyente en el color, ya que según Osborne *et al.* (1985), el color de una harina es tanto más oscuro cuanto mayor es el aprovechamiento de todas las partes que forman el grano.

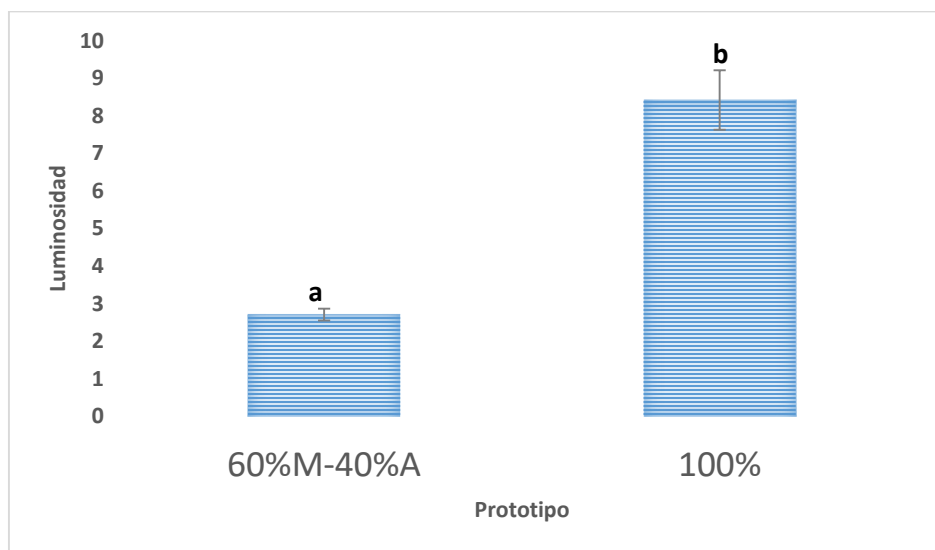


Figura 15. Luminosidad para ambos prototipos. 60%M-40%A (60% Maíz-40%Amaranto). 100%M (100% Maíz). Las letras representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Como se observa en la figura 15 entre el prototipo y la botana chip con la formulación convencional hay diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en la luminosidad, observando mayor luminosidad en la botana convencional con respecto al prototipo propuesto, esto puede deberse a que la harina de amaranto presenta colores menos claros comparado con la harina de maíz empleada en la formulación de las botanas. Como se muestra en la Figura 16, los colores de ambos prototipos son distintos. La apariencia tostada de la tortilla chip prototipo fue más tostada que la convencional. Esta propiedad está relacionada también con el contenido de humedad de cada producto, pues durante el proceso de deshidratación se seca parcialmente la tortilla. Mientras menos humedad contenga la tortilla chip, más tostada será y dicha humedad también será factor influyente en la textura de la misma. En la Figura 16 se observa que la tortilla chip prototipo, con un contenido de humedad del 4.25% presenta una apariencia más tostada que la convencional que contiene 10.26% de humedad. La tortilla chip prototipo se aleja del atributo de color de calidad de las tortillas chip altamente apreciadas en el mercado, estos atributos son según Amador (2015): libres de exceso de aceite, b) textura característica, c) piezas delgadas, c) sin exceso de burbujas, e) color claro y brillante y f) libres de olor a rancidez. Siendo la tortilla chip convencional la que tiene aproximación a los atributos de color antes mencionados, las tortillas chip prototipo fueron las preferidas por los panelistas. En caso de que se requiera cambiar el color de tortillas chip, según la norma NOM-187-SSA1/SCFI-2002 permite la adición de una mezcla de colorantes artificiales, la cual no deberá exceder los 500 mg/kg de producto en las tortillas. Cabe mencionar que el uso de colorantes es exclusivo para tortillas chip, por lo tanto para las harinas no se permite ninguna adición de color.

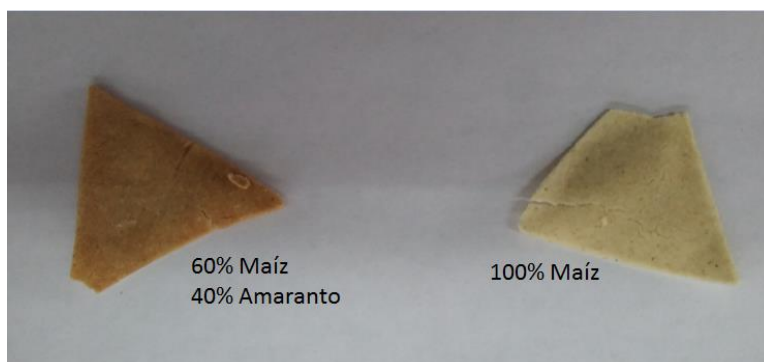


Figura 16. Color de tortillas chip prototipo (izquierda) y convencionales (derecha).

4.4.8 Acidez

La acidez de ambos productos se presenta de dos maneras, la primera es conforme a la norma NMX-F-102-S-1978, la cual menciona que los resultados se pueden expresar como ml de NaOH gastados. Mientras más ml de NaOH se requieran para neutralizar la muestra más ácida se considera (Figura 17).

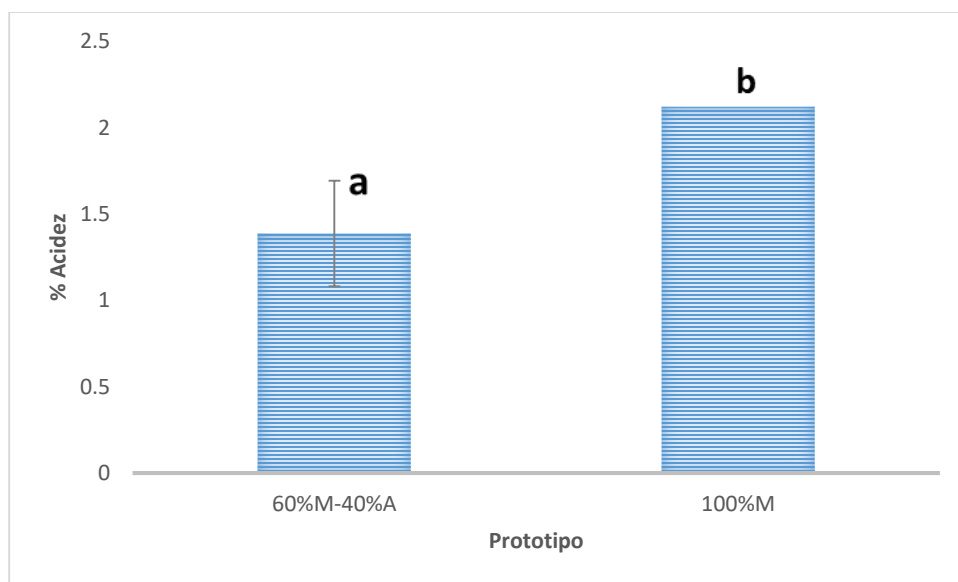


Figura 17. Porcentaje de Acidez evaluado en el prototipo 60%M-40%A (60% Maíz-40%Amaranto) y la convencional 100%M (100% Maíz). Las letras representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

Según (Palomino, 2007), la acidez en harinas nos permite apreciar el grado de deterioro, que han producido los microorganismos. Como se muestra en la Figura 17 la tortilla chip convencional presenta la mayor acidez (2.12%) comparado con la tortilla chip prototipo (1.38%).

En la tabla 20 se observan los componentes del análisis químico proximal realizado para diferentes marcas de botanas que se encuentran en el mercado en comparación con los de los productos elaborados en este proyecto. El prototipo (60%M-40%A) presenta más cantidad de proteína, fibra cruda y fibra dietética; la menor cantidad de cenizas y lípidos, y un contenido intermedio de carbohidratos y humedad en comparación con los productos comerciales elaborados con botanas de maíz (Doritos, Churrumais) y elaborados con mezclas de harinas de maíz y amaranto (Quali, Nutrisa). Esto representa una gran ventaja competitiva para comercializar una botana funcional, reducida en grasa, enriquecida en

proteínas y alta en fibra dietética. Los datos del producto Doritos fueron calculados con relación a la porción que reportan en su etiqueta. A su vez, la tabla 20 presenta los resultados obtenidos en composición química por otros autores que realizaron proyectos con botanas en mezclas de harinas de diferentes cereales. Los resultados que se muestran indican las siguientes botanas y proporciones de harinas: Escobedo (2016), elaboró botanas de harinas de maíz (20%) y amaranto (80%); Meza (2016) elaboró botanas de harinas de plátano (50%) y frijol (50%); Amador (2015) adicionó huitlacoche (9%) a un totopo comercial elaborado con maíz (100%); Acevedo (2015) elaboró botanas tipo churrito con harinas de maíz (50%) y frijol (50%). Como se puede observar, el prototipo de tortillas chip presenta un contenido de proteína intermedio entre los resultados obtenidos por los demás autores, sin embargo comparado con su producto convencional, hubo un aumento de 2.29%, al igual que para fibra cruda con un aumento de 1.07%. En carbohidratos, el prototipo contiene la menor cantidad de carbohidratos que todos los demás, incluso, que las demás marcas comerciales, lo cual influye directamente en el contenido calórico, dándole un plus que las demás botanas no ofrecen.

Tabla 20. Composición química para diferentes marcas de botanas (porcentaje).

Componente	Prototipo (60%M- 40%A)	Convenci- onales (100%M)	Doritos *	Quali **	Nutrisa **	Churrumais **	Escobedo (2016) (20%M - 80%A)	Meza (2016) (50P%- 50%F)	Amador (2015) (91%M- 9%H)	Acevedo (2015) (50%M- 50%F)
Humedad (%)	4.25±1.41	10.26±3.02	NR	4.10	2.35	2.50	3.20	3.34	2.98±0.1	1.10 ±0.01
Proteína (%)	9.05±0.73	6.76±1.04	6.40	8.25	7.55	6.97	14.93	10.20	8.75±0.00	15.67±0.05
Fibra cruda (%)	2.54±0.18	1.47±0.21	NR	1.75	1.81	N.R	7.36	NR	1.50±0.01	2.80±0.54
Carbohidratos (%)	56.18±0.00	51.42*	64.44	52.50	59.35	60.0	66.13	68.02	NR	73.72±0.39
Lípidos (%)	10.35±0.52	15.85±0.81	22.00	32.90	28.15	30.96	5.15	15.44	1.69±0.02	2.26±0.08
Cenizas (%)	0.84±0.02	2.14±0.18	NR	0.50	0.79	N.R	3.23	3.04	NR	3.80±0.16
Fibra dietética (%)	16.79±0.33	12.10±0.7	6.40	6.50%	NR	4.0%	NR	NR	9.20±0.01	NR

N.R: No reportado. * **Fuente de Doritos:** etiqueta de producto de mercado. ** **Fuente de los datos de Quali, Nutrisa y Churrumais:** Escobedo (2016). NR: Valor no reportado. ±: Desviaciones estándar. *: Valor calculado por diferencia. Las letras M, A, P, H y F representan harinas de M: maíz, A: amaranto, P: plátano, H: huitlacoche, F: frijol. NR: Valor no reportado. ±: Desviaciones estándar.

4.5 Elaboración de la etiqueta del producto terminado

La elaboración de la etiqueta de las tortillas chip prototipo (60% Amaranto–40% Maíz) se llevó a cabo siguiendo lo establecido por la NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas pre-envasados Información comercial y sanitaria. Se eligió el nombre “GREENS” para el producto terminado por considerarse un alimento funcional. Se utilizaron los factores de Atwater para calcular las calorías que aporta una ración de 25g partiendo de los valores proporcionados por la Tabla 14. Una vez calculado el aporte calórico por ración, se procedió a llenar la Tabla 21.

Tabla 21. Información del producto terminado Tortillas chip “Greens”.

Nombre del producto	Greens
Ingredientes	Harina de Maíz nixtamalizada Harina de amaranto Aceite vegetal Polidextrosa Fibra de cacahuete
Contenido Neto	25 g
País de Origen	México
Lote	1700001
<u>Información nutrimental</u> Tamaño por ración: 25 g Raciones por envase: 2 Calorías: 88.5175 Kcal/g Grasa total: 2.5875 g Carbohidratos totales: 14.045 g Azucares: 0 g Fibra dietética: 4.1975 g Proteínas: 2.2625 g Sodio: 0.1925 g	

Se comparó la información nutrimental de las tortillas chip, comerciales, convencionales y prototipo para contrastar los resultados obtenidos en los productos elaborados. La información nutrimental se comparó en 2 raciones de 25 g de cada producto y como se observa en la Tabla 22, las comerciales tienen mayor aporte de calorías, grasas totales,

carbohidratos y azúcares y un menor contenido proteico y de fibra dietética. Por otro lado las tortillas chip convencionales tienen menor aporte calórico que las comerciales y mayor aporte de fibra dietética, proteína y sodio. Las tortillas chip prototipo presentaron el menor contenido calórico (88.51 Kcal/g) y de lípidos (2.58 g). También presentaron una reducción del 34% con respecto a las convencionales y 47.04% con respecto a las comerciales; un incremento de carbohidratos del 8.50% con respecto a las convencionales y una reducción del 12.81% con respecto a las comerciales; un incremento en fibra dietética de 162.34% con respecto a las comerciales y un 38% con respecto a las convencionales; un incremento de proteínas de 41.40% con respecto a las comerciales y 33.87% con respecto a las convencionales. El contenido de sodio en las tortillas chip prototipo fue mayor que en las comerciales por 19.48% y 23% menor que las convencionales.

Es importante resaltar que la información nutrimental de los productos elaborados de tortillas chip convencionales y prototipo se calculó con base en los productos terminados sin saborizar. Durante el proceso de saborización de botanas, se agregan materias primas como maltodextrinas, azúcares, potenciadores de sabor, levaduras, proteínas vegetales, quesos, suero de leches, especias, aceite de maíz, sal, entre otros, que incrementan el aporte calórico de las botanas y el contenido de carbohidratos.

Tabla 22. Información nutrimental de tortillas chip.

	Tortillas chip comerciales	Tortillas chip convencionales	Tortillas chip prototipo
Tamaño por ración	25g	25g	25 g
Raciones por envase	2	2	2
Calorías	122.22 Kcal/g	93.845 Kcal/g	88.5175 Kcal/g
Grasa total	5.5 g	3.9625 g	2.5875 g
Carbohidratos totales	16.11 g	12.85 g	14.045 g
Azúcares	1.1 g	0 g	0 g
Fibra dietética	1.6 g	3.025 g	4.1975 g
Proteínas	1.6 g	1.69 g	2.2625 g
Sodio	237.5 mg	250 mg	193.5 mg

Los mg de sodio se calcularon utilizando el factor de conversión 2.54 (dividiendo el total de la suma del peso molecular del sodio y del cloro entre el peso del sodio), el cual se multiplicó por los miligramos de sal de las formulaciones. Se calculó el porcentaje de valores diarios

para nutrientes (%VD, % RDA) con base en los valores proporcionados por la FDA para el etiquetado de productos alimenticios.

Por último se diseñó la etiqueta en Adobe Photoshop CS6 (Figuras 18 y 19).

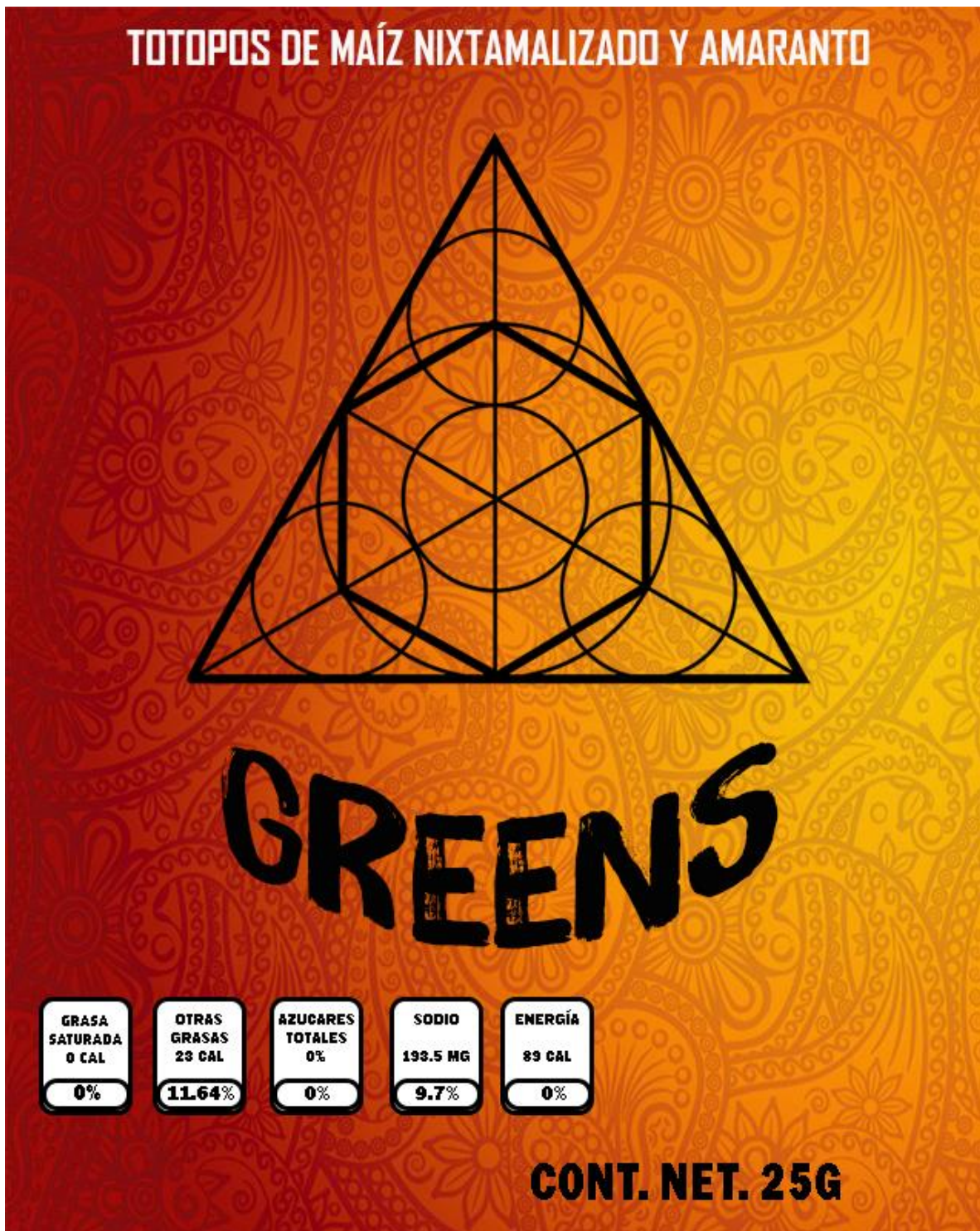


Figura 18. Etiqueta frontal para el producto terminado GREENS.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL

Tamaño por Ración: 25g

Raciones por envase: 1

Calorías		89
Calorías a partir de la Grasa		23
		%RDA (*)
Grasa total	2.6 g	11.64%
Grasa saturada	0 g	0%
Colesterol	0 mg	0%
Carbohidratos totales	14.04 g	4.68%
Azúcares	0 g	0%
Fibra dietética	4.2 g	16.8%
Proteínas	2.3 g	4.6%
Sodio	193.5 mg	8.06%

*Los porcentajes de requerimientos diarios están basados en los valores proporcionados por la FDA.

Producto funcional, enriquecido de proteína, adicionado con fibra dietética y reducido en grasa. Bajo contenido calórico que favorece a tu salud.



INGREDIENTES: HARINA DE MAÍZ NIXTAMALIZADA, HARINA DE AMARANTO, ACEITE VEGETAL, POLIDEXTROSA, FIBRA DE CACAHUATE.



Figura 19. Etiqueta posterior para el producto terminado GREENS.

CONCLUSIONES

- La proporción de harinas 60% maíz y 40% amaranto fue la que obtuvo más aceptación por los consumidores de entre 18 y 51 años, quienes tienen interés y gusto por las tortillas chip elaboradas con esta mezcla de harinas, por lo tanto fue elegida para elaborar el prototipo de tortillas chip que se estudió en este proyecto. El 40% de harina de amaranto se consideró la máxima cantidad permisible para elaborar la mezcla con el 60% de harina de maíz, además permitió crear una masa estable y perfectamente moldeable para crear el prototipo adecuado para este proyecto.
- El análisis microbiológico de las tortillas chip prototipo reporta que la cuenta de coliformes totales en ambos productos son ausentes, y que la cuenta de hongos, levaduras y mesófilos aerobios se encuentran dentro de los límites máximos permitidos por la norma.
- La mezcla de harinas de amaranto y maíz del 60% y 40% tiene gran impacto en las propiedades químicas del producto terminado. El incremento del contenido de proteínas es del 25.30% en el prototipo tortillas chip con respecto a las convencionales, considerándose así como un alimento fortificado; se considera un producto adicionado de fibra porque hubo un incremento del 27.93%, presentó una reducción de grasa del 34% y considerándose así por la norma un alimento reducido en grasa.
- Las tortillas chip prototipo tienen un aporte calórico 5.67% menos que las convencionales. Esta mezcla de harinas también mejora los atributos de sabor y textura, disminuye la humedad resultando un producto de consistencia rígida y crujiente; proporciona un color más oscuro que la convencional resultante de los colores que cada harina tiene así como del contenido de cenizas.
- La povidexrosa y la cáscara de cacahuete son materias primas potenciales para el aumento considerable de fibra cruda y dietética en el producto terminado. La povidexrosa además de aportar fibra dietética al producto terminado, redujo el contenido de lípidos en un 34.7%, al sustituir el 50% de aceite de la formulación estándar.

RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis químico proximal a las harinas utilizadas en la elaboración de los productos.
- Evaluar las propiedades funcionales, como capacidad de retención de agua, capacidad de retención de aceite e índice de hinchamiento en la harina de amaranto.
- Aumentar la cantidad de fibra de cacahuete en la formulación para estudiar el impacto que tendría utilizar porcentajes mayores.
- Modificar las proporciones de mezclas de fibra de cacahuete y povidexrosa para conocer el efecto que tienen en el aumento de fibra de las tortillas chip.
- Evaluar la vida de anaquel del producto terminado.

ANEXO A

Pruebas realizadas para encontrar las proporciones de harinas, así como la formulación óptima de las mismas. Se variaron la temperatura de horneado, tiempo de horneado, proporciones de harinas, cantidad de aceite, cantidad de agua y sal, povidexrosa y fibra de cacahuete.

Prueba	Formulación	Temperatura horneado	Tiempo de horneado	Observaciones	Propuesta
1. (Maíz) 100 gr	Harina = 60% Aceite = 8% Sal = 1% Agua = 31%			<ul style="list-style-type: none"> • Agua insuficiente, Imposible formar masa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agregar 60 ml de agua.
2. (Maíz) 100gr	Harina = 37.65% Aceite = 5% Sal = 0.625% Agua = 56.25%	200°C	60 minutos	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia dura. • Grosor grande. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar grasa. • Aumentar agua. • Disminuir grosor. • Prueba con mezcla de harinas.
3. (Maíz) 100 gr	Harina = 37.65% Aceite = 5% Sal = 0.625% Agua = 56.25 +13 ml	200°C	60 min	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de agua • Consistencia dura 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar grasa. • Probar mezcla de harinas.
4. (70% Maíz y 30% Amaranto). 100 gr	Harina = 37.65% Aceite = 5% + 10 gr Sal = 0.625% Agua = 56.25	200°C	60 min	<ul style="list-style-type: none"> • Masa pegajosa. Imposible amasar. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación
5 (Maíz, modificación de la prueba 2) 100 gr	Harina = 37.65% Aceite = 5% + 5 gr Sal = 0.625% Agua = 56.25%	200°C	60 min	<ul style="list-style-type: none"> • Crujiente • Consistencia harinosa 	<ul style="list-style-type: none"> • Nueva mezcla de harina de maíz con masa nixtamalizada de maíz.
6. (50 % harina de maíz + 50% masa nixtamalizada de maíz) 100 gr	Harina = 18.82% Masa = 18.82% Aceite = 5% Sal = 0.625% Agua = 56.25%	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de agua. • Masa inconsistente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir agua. • Modificar proporciones masa – harina.

7. (30 % harina de maíz + 70% masa nixtamalizada de maíz) 100 gr	Harina = 43.88% Masa = 18.80% Aceite = 8.29% Sal = 1.036% Agua = 27.98%	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Exceso de agua. <ul style="list-style-type: none"> Masa inconsistente. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducir agua. Probar masa de maíz + harina de amaranto.
8. (10 % harina de amaranto + 90% masa nixtamalizada de maíz, basada en la prueba 6) 100 gr	Harina = 7.70% Masa = 69.36% Aceite = 10.14% Sal = 1.27% Agua = 11.46%	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Pésima consistencia pegajosa y chiclosa, imposible moldear. Inestabilidad en la masa final. 	<ul style="list-style-type: none"> Probar con la misma cantidad de masa pero harina de maíz. Reducir grasa Investigación, posible problema harina de amaranto.
9. (10% amaranto + 90% maíz) 100 gr	Harina = 77.06% Aceite = 10.14% Sal = 1.27% Agua = 11.46%	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Pésima consistencia pegajosa y chiclosa, imposible moldear. Inestabilidad en la masa final. 	<ul style="list-style-type: none"> Hacer una prueba de harina de maíz con harina de trigo. Investigación.
10. (70% Maíz + 30% trigo, basado en la prueba 2) 100 gr	Maíz = 26.47% Trigo= 11.34% Aceite = 5% Sal = 0.625% Agua = 56.25%	200°C	60 min	<ul style="list-style-type: none"> Consistencia parecida a la de una galleta. Centro suave. 	<ul style="list-style-type: none"> Se cancela esta propuesta por consistencia rechazada. Forzosamente hacer pruebas con harina de grano de amaranto.
11. (90% maíz, 10% Amaranto, basado en la prueba 2) 100 gr	Maíz = 34.029% Amaranto= 3.781% Aceite = 5% Sal = 0.625% Agua = 56.25%	250°C	40 min	<ul style="list-style-type: none"> Consistencia rígida y crujiente aunque un poco dura. Masa ligeramente inestable. 	<ul style="list-style-type: none"> Adelgazar grosor. Disminuir agua <ul style="list-style-type: none"> Aumentar proporción Maíz amaranto para saber hasta qué proporción se tiene una consistencia óptima.

<p>12. (60% maíz, 40% amaranto) 100 gr</p>	<p>Maíz = 24.276% Amaranto = 16.184% Aceite = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513%</p>	<p>250°C</p>	<p>40°C</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida y crujiente. • Ligera dificultad al moldear la masa, se lleva tiempo prolongado. • Centro suave 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar proporción Maíz amaranto para saber hasta qué proporción se tiene una consistencia óptima. • Cambiar la forma del molde.
<p>13. (60% maíz, 40% Amaranto) 100 gr</p>	<p>Maíz = 24.276% Amaranto = 16.184% Aceite = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513%</p>	<p>250°C</p>	<p>40 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia de masa inestable, pegajosa, imposible el moldeo sin perder la forma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se selecciona la prueba 13 como la mayor concentración de amaranto en el proyecto y como la primera proporción óptima de mezcla de harinas.
<p>14. (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr</p>	<p>Maíz = 28.32% Amaranto = 12.138% Aceite = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513%</p>	<p>250°C</p>	<p>40 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida y crujiente. • Centro suave 	<ul style="list-style-type: none"> • Se selecciona la prueba 14 como la segunda proporción óptima de mezcla de harinas.
<p>15. (80% maíz, 20% amaranto) 100 gr</p>	<p>Maíz = 32.368% Amaranto = 8.092% Aceite = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513%</p>	<p>250°C</p>	<p>40 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida y crujiente. • Centro suave 	<ul style="list-style-type: none"> • Se selecciona la prueba 15 como la tercera proporción óptima de mezcla de harinas. • Modificar el tiempo y temperatura de secado. • Agregar fibra de piña. • Agregar sustituto de grasa (polidextrosa).

16. (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr	Maíz = 28.32% Amaranto = 12.138% Litesse = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513% Fibra= 0.3 %	250°C	55 min	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida y crujiente pero dura. • Centro suave. • Esquinas quemadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar fibra para saber si es la que causa la consistencia dura.
17. (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr	Maíz = 28.32% Amaranto = 12.138% Litesse = 5.351% Sal = 0.668% Agua = 53.513% Fibra= 0.5 %	250°C	55 min	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida, crujiente pero más dura. • Centro suave. • Esquinas quemadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir cantidad de agua. • Disminuir cantidad de fibra. • Modificar condiciones de horneado.
18. (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr	Harina= 47.068 Litesse = 4.3384% Sal = 0.6284% Agua = 46.533% Fibra= 0.2015 %	200°C	40 min	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida, crujiente pero dura. • Centro ligeramente suave 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar Litesse para saber si la cantidad usada influye en la dureza.
19. (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr	Harina= 47.068 Litesse = 8% Sal = 0.773% Agua = 43.956% Fibra= 0.2015 %	200°C	40 min	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida, crujiente pero más dura. • Centro ligeramente suave 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir cantidad de Litesse y cantidad de fibra. • Utilizar rodillo para aplanar masa en vez de tortilladora. • Disminuir grosor.
20 (70% maíz, 30% amaranto) 100 gr	Harina= 47.1630 Litesse = 4% Aceite = 4% Sal = 0.774% Agua = 44.044% Fibra= 0.1 %	200°C	40 min	<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia rígida y crujiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha encontrado la formulación óptima para las tortillas chip + proteína + fibra.

5. REFERENCIAS

- Acevedo R. (2015). Elaboración de botana “tipo churrito” a base de harinas de frijol y Maíz. (Tesis de licenciatura). UNAM. México.
- ADISA (Almidones y desarrollos industriales) Tecnología natural. Fecha de consulta: Enero 2018. Disponible en: <http://www.adisa.mx/index.html>
- Amador, K. (2015). Desarrollo y evaluación alimentaria y funcional de totopos adicionados con huitlacoche. Centro de ciencias básicas, Universidad Autónoma de Aguascalientes. México
- Amador-Rodríguez, K.Y; Pérez-Cabrera L.E; Bon Rosas, F. (2010). Desarrollo de un producto tipo totopo a base de harina de maíz a partir de la sustitución parcial de harinas de soya. Centro de ciencias agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes, México.
- Andrade. V.M. (2006). Evaluación de la calidad de harinas de trigo comerciales y nativas. Dirección académica de recursos naturales. Instituto tecnológico de Sonora. México.
- Angioloni, A., Dalla, R.M. (2005). Dough Thermo Mechanical Properties: influence of sodium chloride, mixing time and equipment. Journal Cereal Science 41: 327-331.
- A.O.A.C. 2005. Association Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. Eds Howitz W, Washington, D.C.
- A.O.A.C. 2009. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.
- Asociación Mexicana del amaranto. (2003). Amarantum. Disponible en: www.amaranto.com.mx

- Astiasarán I. y Martínez J.A. (2002). "Alimentos, composición y propiedades". Editorial McGraw Hill interamericana, primera edición, España 2:310-315.
- Baena, L. y García-Cardona, N. 2012. Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascarilla de las semillas tostadas de theobroma cacao I. De una industria chocolatera colombiana. Tesis de Química Industrial. Facultad de tecnologías, Universidad tecnológica de Pereira. Colombia.
- CIMMYT. (2013). The quality protein maize revolution. Improved nutrition and livelihoods for the poor. Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo. México D.F.
- COFECYT (s.f.). Quinoa y Amaranto. Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar>
- Contreras, J. B. (2009). Caracterización de harinas de maíz instantánea obtenida por calentamiento óhmico. Centro de investigación de ciencia aplicada y tecnología avanzada. IPN. México.
- Coromonto. Ch. A., Mazzani. C. C. (2012). Detección de hongos toxigénicos en harinas de maíz precocidas, distribuidas en el estado de Aragua, Venezuela. Facultad de agronomía, Universidad central de Venezuela. Caracas, Venezuela.
- Cruz V. R. (2008). Estudio del análisis de perfil de textura (APT), extensibilidad y adhesividad en masas y tortillas elaboradas con diferentes marcas comerciales de harinas de trigo.
- Durán, R., J. (2015). Efecto de variables de proceso en propiedades físicas y texturales de botanas fritas de grano entero de maíz azul. Tesis de licenciatura. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. Universidad nacional autónoma de México. México.
- El universal (2012). Mexicanos comen poca fibra. El universal ciencia. Fecha de consulta: 22 de Diciembre 2016. Disponible en: <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/74878.html>

- ENSANUT. 2012. Fecha de consulta: 22 de diciembre del 2016. Disponible en: www.ensanut.insp.mx
- Escobedo, J.I. (2016). Desarrollo de una botana complementada con amaranto (*Amaranthus Hypocondriacus*) para aumentar su calidad nutrimental. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Fernández-Muñoz, J.L.; San Martín-Martínez E.; Irán Díaz-Góngora J.A; Calderón, A.; Alvarado-Escobar A.; Ortiz Cárdenas H. (2005). Evaluación de los cambios fisicoquímicos a diferentes tamaños de partícula de harinas de maíz nixtamalizado como función del tiempo de reposo. V congreso iberoamericano de ingeniería en alimentos.
- FDA U.S FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. (2018). Apéndice F: Cálculo del porcentaje de valor diario (VD) para los nutrientes. Maryland, USA: Fecha de consulta: 14 de febrero 2018. *FDA u.s food and drug administration*. Disponible en: <https://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm247936.htm>
- Figueroa C.J.D., González Hernández J. y Ordorica, F.C.A. (1999). Corn Masa and tortillas from extrudent instant corn flour containing hydrocholoids and lime. *Journal food science*. 64:1.
- García, R., M. (2011). Tecnología de cereales. Facultad de Ciencias. Dpto. de Ingeniería Química. Universidad de Granada.
- Garrido J., Gutiérrez N., Núñez, G., Tubio, J. y Valderrama, G. (2002). Optimización de las propiedades reológicas y fermentativas de la harina mediante la aplicación combinada de enzimas de última generación. Departamento de control de calidad de harinera Vilafranquina, S.A. Cádiz. *Primer certamen convocado por la asociación cultural y técnica de molineros de España (ACTME)* y patrocinado por Apilena.

- González. F. R. (2016). Estrategia de comercialización competitiva del amaranto en San Luis Potosí. Perspectivas. Revista de análisis de economía, comercio y negocios internacionales. San Luis potosí, México.
- González, R.J.; R.L., Torres; D.M. De greef; N.A Gordon; y M.E. Veloci. (1991). Influencia de las condiciones de extrusión en las características de la harina de maíz para elaborar sopas instantáneas. Revista Agroquímica y tecnología de alimentos, 31:1.
- Grossi, G., Ohaco, E., De Michelis, A. (2012). Determinación de fibra dietética total, soluble e insoluble en hongos comestibles de cultivo *Pleurotus ostreatus*. Universidad nacional de Comahue. Argentina.
- Guerrero-Colin J. I., Trejo-Marquez M., Moreno-Lara J., Lira-Vargas A., Pascual Bustamante S. (2016). Extracción de fibra de los desechos agroindustriales de cacahuete, para su aplicación en el desarrollo de alimentos. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. UNAM. México,
- Haller, L., E. Amedegnato, J. Poté & W. Wildi. (2009). Influence of freshwater sediment characteristics on persistence of fecal indicator bacteria. Water Air Soil Pollution 203: 217-227.
- Hernández G., R.; Herrerías G. G. (1998). Amaranto, historia y promesa. Patrimonio histórico de Tehuacán A.C. México, 529 pp.
- Hernández, E. (2017). *Proyectan Instalar Planta de Harina de Maíz Para Apoyar a Michoacanos*. Figura. Fecha de consulta: 25 mayo 2018. Disponible en: <http://www.cdnoticias.com.mx/articulos/proponen-tipificar-delito-ecocidio-michoacan/michoacan>
- Hernot, D.C., Boileau, T. W., Bauer, L.L., Swanson, K.S. and Fahey, G.C. Jr. (2008). In vitro digestion characteristics of unprocessed and processed whole grains and their components. Journal. Agriculture. Food Chemistry., 56: 10721-10726.

- Herrera, E. (2015). Multimedios. México. Milenio Digital. Fecha de consulta: enero 2017. Disponible en: <http://www.multimedios.com/telediario/local/consumo-snacks-y-refrescos-aumento.html>
- Herrera, D., Gallardo Y. (2005). Elaboración de Tortillas de Harina con Bajo Contenido en Grasa. Departamento de Graduados e Investigación, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Guanajuato, México
- INEGI 2011, (Instituto nacional de estadística y geografía). Fecha de consulta: 27 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>
- Industria Alimentaria. (2016). Fecha de consulta: Enero 2017. Disponible en: <http://www.industriaalimenticia.com/>
- Inzunza M. y Vieyra A. (2016). Desarrollo de una pasta funcional para sopa tipo tallarín a base de harinas de huauzontle, quinoa y sémola de trigo. Facultad de estudios superiores Cuautitlán. UNAM. México.
- Lugo G. (2016). Alimentos Funcionales con Residuos Frutales. Proyecto de la FES Cuautitlán, de Gaceta Digital UNAM. UNAM. México.
- Manipulación de alimentos (manual común). Servicio Andaluz de empleo. Fecha de consulta: 18 octubre de 2017. http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos2/material_didactico/especialidades/materialdidactico_manipulacion_alimentos/PDF/Manual_Comun.pdf.
- Martínez-Flores, H. E.; Martínez-Bustos, F.; Figueroa, J.D.C.; y González-Hernández, J. (2002). Nutritional students and biological assays in corn tortillas made from fresh masa prepared by extrusion and nixtamalization processes. Journal of Food science 67: 1196-1199.
- Martínez, J.M (2015). *El maíz*. Figura. Fecha de consulta: Marzo 2018. Recuperado de: <https://aliment2.wordpress.com/2015/11/16/el-maiz/>

- Mesas, J. M., Alegre M., T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. Ciencia y tecnología de los alimentos. 3: 307-313.
- Meza, Y. (2016). Formulación de una botana por extrusión con una mezcla de harinas de plátano y amaranto. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. IPN. México.
- Miralbes C. (2003). Prediction Chemical composition and Alveograph parameters on wheat by Near-infrared Transmittance Spectroscopy. Journal Agric. Food Chemistry, 51(21). 6335-6339.
- Montúfar, K. (2014). Fibras dietarias y su aplicación en el desarrollo tecnológico de productos alimentarios como alternativa de alimentos funcionales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2015. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.
- NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
- NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. cereales y sus productos. harinas de cereales, sémolas o semolinas. alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. productos de panificación. disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas

comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.

- NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.
- NMX-F-008-1988. Alimento. sal yodatada y sal yodatada fluorurada. especificaciones. normas mexicanas. dirección general de normas.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. Food stuff determination of ashes. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-083-1986. Alimentos. determinación de humedad en productos alimenticios.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos.
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos.
- NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas.
- NMX-F-223-1985. Alimentos. aceite vegetal comestible. Foods edible vegetable oil. Normas mexicanas. Dirección general de normas.
- NMX-F-255-1978. Método de conteo de hongos y levaduras en alimentos.
- Olagnero G., Abad, A., Bendersky S., Genevois, C., Granzella, L., Montonati, M. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. DIAETA. Buenos aires, Argentina.
- Online Personal Trainer. (2018). *Beneficios y riesgos de la sal yodada en la salud*. Figura. Fecha de consulta: marzo 2018. Disponible en: <http://www.onlinepersonaltrainer.es/nutricion-deportiva/sal-yodada-en-la-salud/>

- Orr, M. L., y B.K. Watt (1957). Aminoacid content of foods. Home Economics Research Report No. 4. U.S Department of agriculture.
- Osborne, D., R., Barrado, M., Voogt, P. (1985). Análisis de los nutrientes de los alimentos. España. Editorial Acribia.
- Oteiza, B. (2017). Receta de Totopos para preparar nachos mexicanos caseros. Figura. Fecha de consulta: marzo 2018. Recuperado de: <https://www.hogarmania.com/cocina/recetas/aperitivos/201609/totopos-para-preparar-nachos-mexicanos-33667.html>
- Palomino I. 2007. Determinación de acidez titulable de harina de trigo. Instituto superior tecnológico público Huanta. Perú. Disponible en: <https://es.scribd.com>
- Paredes-López, O., Guevara-Lara, F., and Bello-Pérez, L.A (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas Mesoamericanas. Fondo de cultura económica.
- Pliego, E. (2015). Panorama cultural. El maíz, su origen, historia y expansión. Fecha de consulta: Julio 2018. Disponible en: https://panoramacultural.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=3678:el-maiz-su-origen-historia-y-expansion&catid=17&Itemid=142
- PROCOLOMBIA. (2014). Procolombia, exportaciones, turismo, inversión, marca, país. Fecha de consulta: Diciembre 2016. Disponible en: <http://www.multimedios.com/telediario/local/consumo-snacks-y-refrescos-aumento.html>
- PROY-NOM-216-SSA1-2002. Productos y servicios. Botanas. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Ramos, A. (2007). Curso de nutrición aplicada. Facultad de agronomía, GD nutrición y calidad de alimentos. Chile.

- Rasgado, Saddam. (2016). Extracción de fibra dietética de residuos agroindustriales para su aplicación en alimentos funcionales. UNAM. México.
- Redacción Central (2011). Amaranto, un producto apreciado en EEUU y Europa. Los Tiempos. Fecha de consulta: marzo 2018. Disponible en: <http://www.lostiempos.com/>
- Reyes, J., Gallegos, J., & Algara, P. (2013). Amaranto: efectos en la nutrición y la salud. Tlatemoani. Revista Académica de Investigación. España. 21:55-70.
- Ríos, O. R. (1989). Tecnología de botanas. Facultad de Química, UAQ. Querétaro, México.
- Roberfroid M.B. (2000). Concepts and strategy of Functional Foods Science. The European. Bélgica.
- Ryland, D., Vaisey-Genser, M., Arntfield, S.D. and Malcolmson, L. J. (2010). Development of a nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils. Food Research International. 23:642-649.
- Sabbione. A.C. (2015). Actividad antitrombótica de proteínas de amaranto. Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina.
- SAGARPA (2012) (Secretaría de agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). Fecha de consulta: 22 noviembre 2016. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset?organization=conabio&q=sonora&page=11>
- San Miguel. (2008). San Miguel. Fecha de consulta: 22 de diciembre de 2016. Disponible en: <http://www.sanmiguel.com.mx>
- Sapiña, F. (2014). *¿Por qué explota el maíz al hacer palomitas?* Figura. Recuperado de: <http://www.abc.es/ciencia/20140201/abci-explota-maiz-hacer-palomitas-201401311907.html>

- Secretaria de Salud del Distrito Federal. (2015). Gobierno del Distrito Federal. Fecha de consulta: mayo 2017. Disponible en <http://www.salud.df.gob.mx>
- Serna-Saldivar. O. S., Rooney L. W. (1992). Wheat Flour Tortilla production. *Cereal foods World*. 33:10 855:864
- Serna. S. (1996). Química, almacenamiento, e industrialización de los cereales. AGT. Editor S.A. México DF.
- SIAP (servicio de información agroalimentaria y pesquera), (2011). Fecha de consulta: 7 de mayo de 2017. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/maiz-grano/>
- Tovar. B. T (2008). Caracterización morfológica y térmica del almidón de maíz. Instituto de ciencias básicas en ingeniería. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. México.
- Tray, M. (2014). *Today on the tray: Tortilla Chips*. Figura. Fecha de consulta: Marzo 2018. Recuperado de: <https://michaelstvtray.com/2014/02/24/tostitos-addamsfam/>
- Veraverbeke, W. S., Verbruggen, I.M., Delcour J.A. (2008). Effects of increase high Molecular weight gluten subunits content of flour on dough mixing behavior and breadmaking. *Journal Agric. Food Chemistry*. 46 (4830-4835).
- VICAM, A Waters Business (2017). Aflatest. Massachusetts EU. <http://www.vicam.es.com/kit-de-analisis-de-aflatoxina/aflatest>
- Vidal M.C. (2008). Alimentos funcionales: algunas reflexiones en torno a su necesidad, seguridad y eficacia y a cómo declarar sus efectos sobre la salud. Humanidades Médicas. España.
- Watson, A.S y Ramstad, E.D. (1987). Structure and composition. En corn: Chemistry and Technology. Published by the American Association of cereal Chemists, Inc. St. Paul, MN, EUA.