



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ELABORACIÓN DE UNA BOTANA “TIPO CHURRITO” A BASE
DE HARINAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris L.*) y MAÍZ (*Zea
mays L.*)**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:

ROSA EUGENIA ACEVEDO RAMOS

ASESOR: Dr. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE

COASESORA: I.A. VERÓNICA JIMENEZ VERA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

**ATN: M. EN A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO
Jefe 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 la Tesis:

Elaboración de una botana "Tipo Churrito" a base de harinas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y maíz (*Zea mays* L.).

Que presenta la pasante: Acevedo Ramos Rosa Eugenia

Con número de cuenta: 410077968 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 10 de Noviembre de 2015.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>Dra. Elsa Gutiérrez Cortez</u>	
VOCAL	<u>Dr. Enrique Martínez Manrique</u>	
SECRETARIO	<u>M. en C. Julieta González Sánchez</u>	
1er. SUPLENTE	<u>M. en C. Enrique Fuentes Prado</u>	
2do. SUPLENTE	<u>L.A. Maritza Rocandio Pineda</u>	

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

HM/mgr*

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con el apoyo del programa
PIAPIVC-13 FES Cuautitlán, UNAM

Para triunfar en la vida no es necesario llegar primero, simplemente hay que llegar. Al culminar esta etapa dedico la presente tesis a:

Dios, por darme la fuerza para seguir adelante y no permitir que me rindiese en el camino.

Mis padres Beatriz Acevedo y Rosalio González por ser la base de mi formación gracias por su apoyo incondicional, cariño, esfuerzo y hacer lo posible para que yo culmine esta etapa de mi vida.

Mi hermano Juan y mis abuelos por estar conmigo, por ese tiempo para aconsejarme y darme una palabra de aliento.

A mi familia por su apoyo leal y sincero, estando presentes aún a la distancia haciendo que no me rindiera y buscara las herramientas para culminar este objetivo.

Mis amigos y amigas por estar cuando el cansancio era tan fuerte y con una palabra o una sonrisa me ayudaron a olvidarlo y seguir mi trayecto por esos momentos en que me olvidaba de las preocupaciones, para después continuar hasta el logro de mí objetivo.

A mis profesores por cultivar en mi mente conocimientos así como el fruto de su experiencia y sus valores, por su compromiso con la educación y enseñanza.

Rosa Acevedo

INDICE

Resumen.....	8
Introducción.....	9
1. Antecedentes.....	11
1.1 Maíz.....	11
1.1.1 Estructura del maíz.....	12
1.1.2 Consumo y producción total del maíz.....	12
1.1.3 Composición química y nutrimental del maíz.....	14
1.2 Frijol.....	17
1.2.1 Estructura del frijol.....	18
1.2.2 Composición química y nutrimental del frijol.....	19
1.2.3 Compuestos anti-nutrimientales.....	20
1.2.4 Producción del frijol.....	22
1.2.5 Complementación nutrimental entre leguminosas y cereales.....	24
1.3 Obesidad en México.....	25
1.4 Botanas.....	27
1.4.1 Definición y consumo.....	27
2. Objetivos.....	30
Objetivo General.....	30
Objetivos Particulares.....	30
3. Materiales y métodos.....	31
3.1 Cuadro metodológico.....	31
3.2 Obtención de la muestra.....	32
3.2.1 Remojo y cocción.....	32
3.2.2 Obtención de las harinas.....	32
3.3 Análisis Químico Proximal.....	32
3.3.1. Determinación de humedad por estufa.....	33
3.3.2. Determinación de proteína por Microkjeldahl.....	33
3.3.3 Determinación de extracto étereo por Soxhlet.....	35
3.3.4 Determinación de cenizas por Método General.....	36
3.3.5 Determinación de fibra por Wendee.....	37
3.3.6 Determinación de carbohidratos por Diferencia.....	38
3.4 Elaboración de diferentes formulaciones.....	39

3.5	Análisis Químico Proximal de formulaciones	41
3.6	Prueba sensorial de preferencia y nivel de agrado	42
3.7	Prueba de Digestibilidad <i>In-vitro</i>	43
3.8	Perfil de aminoácidos	43
3.9	Determinación de factores anti-nutrimientales	44
3.9.1	Determinación de ácido fólico.	44
3.9.2	Determinación de Inhibidores de tripsina.	45
3.9.3	Determinación de taninos	46
3.10	Método estadístico.....	47
3.10.1	Cuadro de variables.....	48
4.	RESULTADOS	49
4.1	Análisis Químico Proximal de materia prima	49
4.2	Elaboración de formulaciones	50
4.3	Análisis Químico Proximal de formulaciones de botanas propuestas.....	51
4.4	Prueba sensorial de preferencia de botanas elaboradas con diferentes formulaciones	53
4.5	Digestibilidad de botana elaborada con la mejor formulación	55
4.6	Factores anti-nutrimientales de la botana elaborada con la mejor formulación	56
4.7	Perfil de aminoácidos de la botana elaborada con la mejor formulación y comercial	57
4.8	Prueba sensorial de nivel de agrado de la botana elaborada con la mejor formulación.....	59
4.9	Aporte calórico	61
5.	Conclusiones.....	63
6.	Recomendaciones.....	64
7.	Referencias.....	69

Índice de figuras

Figura 1 Estructura del grano de maíz.....	13
Figura 2 Principales estados productores de maíz	15
Figura 3 Estructura del frijol	18
Figura 4 Superficie sembrada, cosechada y volumen de producción en México	23
Figura 5 Consumo de Botanas	28
Figura 6 Consumo anual acorde al tipo de botana.....	29
Figura 7 Cuestionario de la prueba de preferencia	40
Figura 8 Características sensoriales que otorgaron los jueces a las botanas.....	41
Figura 9 Cuestionario de la prueba de nivel de agrado.....	41
Figura 10 Características por las cuales la botana fue de agrado al consumidor.....	41
Figura 11 Aporte calórico de los principales nutrimentos de la botana 50 HMN-50SF.....	41

Índice de ecuaciones

Ecuación 1 Determinación de porcentaje de humedad.....	33
Ecuación 2 Determinación de porcentaje de proteína.....	35
Ecuación 3 Determinación de porcentaje de grasa.....	36
Ecuación 4 Determinación de porcentaje de cenizas.....	36
Ecuación 5 Determinación de porcentaje de fibra	37
Ecuación 6 Determinación de porcentaje de carbohidratos.....	38
Ecuación 7 Ácido fítico	43
Ecuación 8 Inhibidores de tripsina	44
Ecuación 9 Determinación de porcentaje de taninos	45

Índice de tablas

Tabla 1 Variedades y usos del maíz.....	14
Tabla 2 Composición química del grano de maíz en cada una de sus partes estructurales	16
Tabla 3 Perfil de aminoácidos presentes en el maíz.....	20
Tabla 4 Composición química de algunas variedades de frijol	20
Tabla 5 Perfil de aminoácidos del frijol (<i>Phaseolus Vulgaris L.</i>)	20
Tabla 6 Composición química aproximada de los granos y cereales	35
Tabla 7 Factores de conversión para obtener la proteína cruda a partir del contenido total de nitrógeno para diferentes ingredientes usados en la fabricación de alimentos	35
Tabla 8 Formulación base.....	39
Tabla 9 Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana acorde a la variación de sólidos granulares de frijol y harina de maíz.	41
Tabla 10 Análisis Químico Proximal de harina de maiz nixtamalizado y sólidos granulares de frijol Mayocoba cocido.....	49
Tabla 11 Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana	51

Tabla 12 Análisis Químico Proximal de las diferentes formulaciones porpuestas para la elaboración de las botanas (base húmeda).....	52
Tabla 13 Análisis Químico Proximal de las diferentes formulaciones porpuestas para la elaboración de las botanas (base seca)	52
Tabla 14 Resultados de la prueba sensorial de preferencia realizada a las botanas elaboradas con las diferentes formulaciones.	54
Tabla 15 Resultados de la prueba de digestibilidad <i>in vitro</i>	56
Tabla 16 Resultados de la prueba factores antinutrimientales	57
Tabla 17 Perfil de aminoácidos presentes en las botanas de 100% de maíz y maíz-frijol en una relación de 50% - 50%	58
Tabla 18 Requerimientos diarios de aminoácidos esenciales	59
Tabla 19 Resultados de la prueba sensorial de nivel de agrado realizada a la botana elaborada con 50% de harina de maíz y 50% de sólidos granulares de frijol	54
Tabla 20 Aporte calórico de los alimentos	62

Resumen

En el presente trabajo se propuso elaborar una botana tipo churrito elaborada con harina de maíz y sólidos granulares de frijol para mejorar su calidad nutrimental. Se determinó la composición química de los sólidos granulares de frijol y la harina de maíz con la finalidad de analizar el contenido nutrimental que cada una de ellas posee, con ellas se propusieron diversas formulaciones y se seleccionó solo una, a la cual se le evaluó su composición química y su calidad sensorial, mediante una prueba de preferencia con la finalidad de determinar cuál de las formulaciones propuestas presentaba las características óptimas para poder ofrecer al consumidor una botana con mayor contenido nutrimental así como con las características sensoriales agradables para los consumidores. Una vez seleccionada la mejor formulación, se evaluó su calidad nutrimental midiendo su digestibilidad *in vitro*, perfil de aminoácidos, factores anti nutrimentales y su aceptación sensorial mediante una prueba de nivel de agrado. Los resultados mostraron que la mejor formulación fue la 50% sólidos granulares de frijol – 50% harina de maíz nixtamalizado. La calidad nutrimental de esta formulación fue estadísticamente mayor que la elaborada solo con harina de maíz y en comparación con las otras formulaciones nutrimentalmente no presentaba diferencia estadística mayor sin embargo sensorialmente agradó más a los consumidores, así mismo posee mayor porcentaje de aminoácidos esenciales especialmente triptófano y lisina los cuales son importantes en el desarrollo humano ya que favorecen que se segregue hormonas cerebrales entre otras propiedades; y un menor contenido de factores anti nutrimentales. Por último, la formulación fue aceptada por el 81% de los consumidores los cuales la consideraron con un mejor sabor y textura y recibió una puntuación de 7.2 lo cual permite decir que el consumidor acepta dicha botana.

Palabras clave: botana, maíz y frijol

Introducción

El maíz (*Zea Mays L.*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta anual de gran desarrollo vegetativo (puede alcanzar 4m de altura). Las flores masculinas están agrupadas en una panícula terminal al extremo del tallo; las flores femeninas están reunidas en una o varias espigas. El maíz es la mayor fuente de energía, proteína y otros nutrientes utilizados en algunos países. A lo largo del tiempo ha sido objeto de mejoramientos genéticos para generar variedades más nutritivas y resistentes a los cambios climáticos y plagas (Bello-Pérez y Paredes-López, 2009).

Dentro del grupo de las leguminosas, el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es considerado originario de América y representa una de las principales fuentes calórico-proteica en países de Asia, África y América Latina (Arias, 1993). El frijol común empezó a cultivarse hace aproximadamente 7000 años A.C. en el sur de México y Guatemala. En México, los nativos cultivaron los frijoles blancos, negros y todas las demás variedades de color (Guzmán-Maldonado, 2007). Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales. Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo ricos en aminoácidos como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína (Bello-Pérez et al., 2009).

Los principales compuestos fenólicos encontrados en leguminosas como el frijol, consisten en ácidos fenólicos y flavonoides incluyendo antocianinas y taninos condensados, siendo considerados factores anti-nutrimientales (Halvorsen et al., 2002). Se denomina factores anti-nutrimientales a las sustancias generadas en alimentos naturales por el metabolismo normal de las especies, de las cuales dicho alimento procede y que por diferentes mecanismos ejercen efectos contrarios a la óptima nutrición (Huisman et al., 1990), ya sea a nivel digestivo o metabólico (Tacon y Jackson, 1985). De las principales sustancias químicas que

interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol destacan los inhibidores de tripsina, los taninos y el ácido fítico (Guzmán-Maldonado, 2002).

La industria de las botanas es muy variable debido en parte a los cambios en los estilos de vida de los consumidores. Por esta razón, constantemente se innovan nuevos productos para satisfacer las necesidades, teniendo un papel muy importante los ingredientes utilizados para su elaboración ya que proporcionan características nutricionales y sensoriales adecuadas para el mercado actual. 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 otra parte, estudios muestran que animales alimentados con la mitad de proteína de maíz y la otra mitad con proteína de frijol a una concentración que cubre el requerimiento de los roedores, la ganancia de peso es similar a la de los animales alimentados con proteína de origen animal. Se ha encontrado que, al incorporar proteína de frijol a la de maíz se observa un aumento en la síntesis de proteínas comparada con lo que ocurría sólo con el maíz, y esto da como resultado una ganancia adecuada de peso semejante a la de consumir una proteína de origen animal (FAO, 2012). Por lo que la recomendación es tratar de consumir los dos alimentos al mismo tiempo y con una mayor proporción de frijol para mejorar en forma natural el valor nutritivo de la tradicional combinación maíz-frijol y disminuir el índice glucémico del maíz.

El objetivo de este trabajo es determinar la formulación para elaborar una botana horneada “tipo churrito” a base de sólidos granulares de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y harina de maíz (*Zea mays L.*) que permita la obtención de un producto con mayor calidad nutrimental que una botana tradicional de maíz.

1. Antecedentes

1.1 Maíz

El maíz es una planta originaria del continente americano, se ha venido cultivando desde hace unos 10,000 años, destacando su importancia como alimento en casi todas las comunidades indígenas americanas, desde Canadá hasta la Patagonia. Está considerado como uno de los alimentos básicos de la humanidad. Tanto su consumo como su cultivo se practican en todo el mundo. Se utiliza tanto para la alimentación humana, como para alimentar al ganado. También es muy usado para elaborar derivados del maíz, tanto por la industria alimentaria, como por la industria farmacéutica, la industria de cosmética, industria papelera, pinturas, textil, etcétera (Milán-Carrillo *et al.*, 2004).

El grano se cosecha y se almacena, en nuestro país se utiliza principalmente para alimentación humana, para lo cual usualmente los granos se someten a un proceso conocido como nixtamalización, que consiste en su cocción con agua de cal, moliéndose posteriormente en molino de piedras para obtenerse la masa que se destina a la elaboración de tortillas, tlacoyos, sopes, tlayudas, tamales, atoles, etcétera. En algunos lugares se recogen las mazorcas incipientes llamadas jilotes y hervidas o crudas se consumen, también se preparan en salmuera. La mazorca ya desarrollada se puede preparar a la brasa. La molienda del grano en seco produce harinas para hojuelas de maíz, frituras, botanas e incluso aguardientes para fabricación de bebidas alcohólicas no fermentadas. El maíz es un alimento muy energético, pero carece de ciertos nutrientes que el resto de cereales si tienen en mayor o menor medida (Aparicio-Fernández, 2005). A lo largo del tiempo ha sido objeto de mejoramientos genéticos para generar variedades más nutritivas y resistentes a los cambios climáticos y plagas (Bello y Paredes-López, 2009).

1.1.1 Estructura del maíz

El grano de maíz está compuesto por cuatro partes principales (Figura 1).

- a) El pericarpio está constituido por células fibrosas, ocupa del 5-6% de grano,
- b) El endospermo es el segundo tejido de reserva representa el 80-84% del peso total del grano tiene un contenido alto de almidón, proteínas y fibra cruda; y funciona como fuente de energía para la planta en su desarrollo.
- c) El germen es considerado el primer tejido de reserva debido al almacenamiento de nutrientes como lípidos y además se utilizan durante la germinación, ocupa del 9.5 al 12% del volumen total del grano. En el grano maduro el germen contiene alto porcentaje de aceite 35-40% (Aragá, 1996; Earle *et al.*, 1946; Paredes-López *et al.*, 2006).

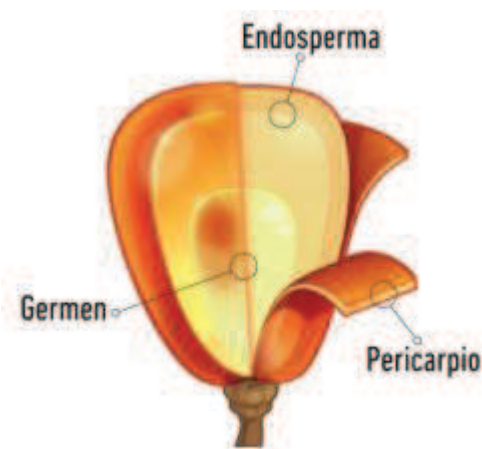


Figura 1. Estructura del grano de maíz.
Fuente: SIAP, 2014

1.1.2 Consumo y producción total del maíz

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 bebidas o como insumo en la producción de biocombustible, etcétera (Paredes-López *et al.*, 2006). En México se encuentran

diferentes variedades (Tabla 1) las cuales se emplean para la elaboración de diferentes productos:

Tabla 1. Variedades y usos del 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 semidentado	Se emplea para la mejora genética.

Fuente: CIMMYT, 2003.

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 (Figura 2). A su vez, el rendimiento promedio por hectárea de este estado fue de 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

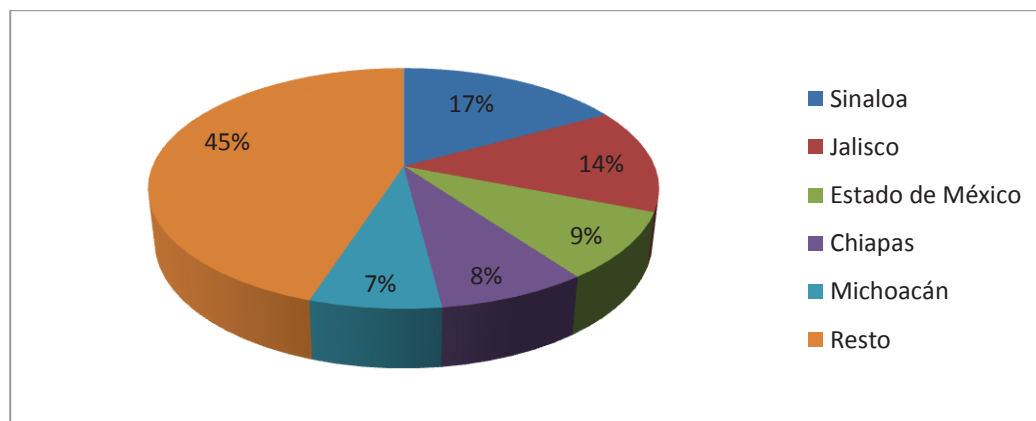


Figura 2. Principales estados productores de maíz

Fuente: SAGARPA, 2012.

El 56.6% de la producción nacional de maíz se produce en la modalidad temporal del cual el 94% (12.50 millones de ton.) corresponde 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.

1.1.3 Composición química y nutrimental del maíz

Como se mencionó anteriormente; sin tomar en cuenta la punta, el maíz se divide en tres fracciones principales: endospermo en donde se concentra el almidón, proteínas y vitamina B; germen, que posee lípidos, carbohidratos solubles, minerales, antioxidantes y fitonutrientes; salvado, en donde se encuentran carbohidratos no digeribles e insolubles (Hernot *et al.*, 2008).

Los componentes químicos del grano de maíz (Tabla 2) se encuentran distribuidos en las diferentes partes estructurales. El mayor contenido de almidón se encuentra en el endospermo (87.6%), mientras los lípidos se concentra 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 dietaría

constituyen del 50-70% en peso de materia seca. Otros carbohidratos más sencillos como glucosa, sacarosa y fructosa varían entre 1 y 3% dentro del grano del cereal.

La composición del almidón presente está determinada genéticamente de tal manera que pueda variar en función de la variedad. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye entre el 25-30 por ciento del almidón. El polímero amilopectina también consiste de unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye entre el 70-75 por ciento del almidón (FAO, 2001).

Tabla 2. Composición química del grano de maíz en cada una de sus partes estructurales.

COMPONENTE	PERICARPIO (%)	ENDOSPERMO (%)	GERMEN (%)
Proteínas	3.7	8.0	18.4
Extracto etéreo	1.0	0.8	33.2
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Almidón	7.3	87.6	8.3
Azúcares	0.3	0.6	10.8

Fuente: Watson *et al.*, 1987.

Los cereales son ricos en ácidos fenólicos como ferúlico, cafeíco, p-hidroxibenzoíco, protocateíco, p-coumárico, vainílico y siríngico. Estos compuestos son considerados antioxidantes naturales por su capacidad de atrapar radicales libres que producen daño celular (White y Xing, 1997).

La importancia de los cereales en la nutrición de millones de personas de todo el mundo es ampliamente reconocida. Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, no se les puede considerar sólo 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 éstas se halla limitada por la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales (Tabla 3), sobre todo lisina (Guzmán-Maldonado, 2007).

Tabla 3. Perfil de aminoácidos presentes en el maíz

Aminoácido	Endospermo ^a		Germen ^b		Modelo FAO/OMS
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
Triptofano	48	38	144	62	60
Treonina	315	249	622	268	250
Isoleucina	365	289	578	249	250
Leucina	1 024	810	1 030	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.

Los consumidores de maíz tendrían un mejor estado nutricional si el maíz que ingieren, lo consumieran junto con una cantidad suficiente de alimentos proteicas como legumbres, semillas y hojas de amaranto. Se observó un efecto complementario al alimentar a animales con dietas que suministraban las proteínas a partir de maíz y frijoles comunes en diversas proporciones, que variaban del 100 al 0 por ciento de uno y del 0 al 100 por ciento del otro. Cuando cada componente suministraba cerca del 50 por ciento de las proteínas de la dieta, se obtenía una calidad elevada, superior a la calidad de cada uno de los componentes considerado aisladamente. La causa de ello radica en la

composición de aminoácidos esenciales de cada componente. Las proteínas del maíz son deficientes en lisina y triptófano, pero tienen cantidades considerables de aminoácidos que contienen azufre (metionina y cistina). Las proteínas de las legumbres, en cambio, son una fuente relativamente abundante de lisina y triptófano, pero tienen un contenido bajo de aminoácidos azufrados (Bressani y Elias, 1974).

1.2 Frijol

Dentro del grupo de las leguminosas, el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) es considerado originario de América y alrededor del mundo se le conoce con diferentes nombres como judía, poroto, carota, habichuela entre otros. Representa una de las principales fuentes calórico-proteica en países de Asia, África y América Latina (Arias, 1993). Es una especie anual, que se cultiva en todo el mundo. Existen numerosas variedades y de ella se consumen tanto las vainas verdes como los granos secos. El producto comestible es el grano seco de esta planta, que puede permanecer en buen estado durante mucho tiempo, si se mantiene en recipientes cerrados y en lugares sin humedad.

Es uno de los alimentos más antiguos que el hombre conoce; ha formado parte importante de la dieta humana desde hace miles de años. Se encuentra entre las primeras plantas alimenticias domesticadas y luego cultivadas. Puesto que las culturas mesoamericanas de México cruzaron el continente americano, estos frijoles y las prácticas de cultivo se propagaron poco a poco por toda Sudamérica a medida que exploraban y comercializaban con otras culturas. Las principales variedades de frijol común consumidas en México son Flor de Junio, Flor de Mayo, Pinto Zapata, Negro 8025, Bayo Madero, Ayocote Blanco, Mayo Coba, Ayocote Negro y Ayocote Morado (Guzmán-Maldonado, 2007).

1.2.1 Estructura del Frijol

El frijol es una dicotiledónea que cuenta con partes importantes en su estructura (Figura 3):

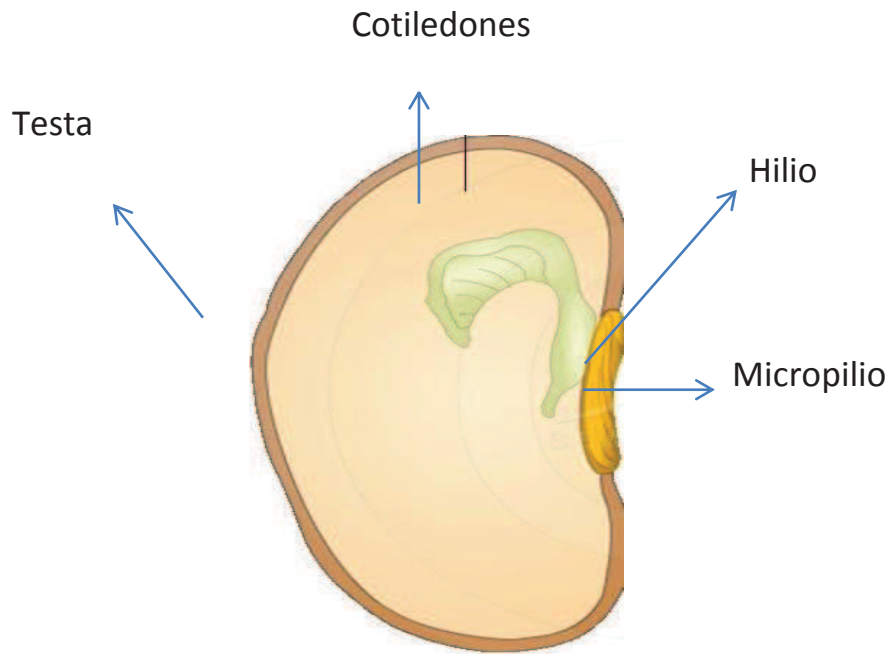


Figura 3. Estructura del frijol
Fuente: Edu-alimentaria 2014

- 1) Testa o cáscara: Es la más externa de las dos capas que constituyen el tegumento que rodea a la semilla, es usualmente de consistencia dura y resistente. Su función es la de proteger a la semilla del medio ambiente. La testa del frijol tiene diversos componentes, incluyendo la fibra y varios compuestos fenólicos (Bourdon *et al.*, 2001).
- 2) Hilio: Cicatriz presente en la superficie de la semilla, se caracteriza por ser muy pequeño y poseer un color diferente al resto de la semilla (Herrera, 2002).

- 3) Micropilio: Pequeña abertura en la cubierta de la semilla, a un lado del hilio, y es en el óvulo por donde entra el tubo polínico (Maldonado, 2010).
- 4) Cotiledones: Son las hojas primordiales constitutivas de la semilla y se encuentran en el germen o embrión. Los cotiledones constituyen el primer par de hojas, proveen de sustancias de reserva a la planta durante la germinación (Moreno, 1996).

1.2.2 Composición química y nutrimental del frijol

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales (Tabla 4). Dependiendo del tipo de frijol, el contenido de proteínas varía del 14 al 33%, siendo rico en aminoácidos (Tabla 5) como la lisina (6.4 a 7.6 g/100 g de proteína) y la fenilalanina más tirosina (5.3 a 8.2 g/100 g de proteína), pero con deficiencias en los aminoácidos azufrados de metionina y cisteína. Estas se encuentran contenidas en el cotiledón con un 27%, eje embrionario 48% y cubierta de la semilla 5% (Bello-Pérez *et al.*, 2009).

TABLA 4. Composición química de algunas variedades de frijol.

%	FRIJOL BAYO	FRIJOL PINTO	FRIJOL NEGRO	FRIJOL MAYO COBA
HUMEDAD	10.16	11.58	11.95	14.8
PROTEÍNA	26.35	21.01	21.68	23.47
GRASAS	0.92	1.71	0.99	1.46
CENIZAS	4.08	3.80	3.87	3.48
FIBRA CRUDA	2.27	1.35	1.77	1.85
CARBOHIDRATOS	51.51	57.19	56.28	55.12
NITROGENO TOT.	4.21	3.36	3.46	3.30

Fuente: Carmona *et al.*, 2005

Los carbohidratos más importantes que constituyen al frijol son básicamente el almidón y la fibra soluble e insoluble. La composición del almidón se reporta entre 23.2% a 35.2% y el resto está acomplejado con lípidos nativos entre un 7.8% y 15.7%. Lo que permite que estos carbohidratos tengan una resistencia a la hidrólisis enzimática, produciendo una lenta digestión y absorción de glucosa al torrente sanguíneo cuando son ingeridos (Bello-Pérez *et al.*, 2009). La fibra dietética se encuentra estructurada dentro de las paredes celulares de la cascarilla y el endospermo lo cual también aporta la resistencia a la digestión de almidones (Han *et al.*, 2010).

Tabla 5. Perfil de aminoácidos del frijol (*Phaseolus Vulgaris L.*)

Aminoácidos	Frijol
Isoleucina	48
Leucina	76
Lisina	62
Fenilalanina + tirosina	99
Histidina	21
Metionina + cisteína	21
Treonina	40
Triptófano	-
Valina	55

mg aminoácido / g de proteína

Fuente: Astiasiarán I, Martínez A. 2002

1.2.3 Compuestos anti-nutrimientales

Se denomina factores anti-nutrimientales a las sustancias generadas en alimentos naturales por el metabolismo normal de las especies, de las cuales dicho alimento procede y que, por diferentes mecanismos ejercen efectos contrarios a la óptima nutrición (Herrera, 2002). La mayoría de ellos dan a la planta una protección natural contra el ataque de mohos, bacterias, insectos y pájaros, por lo que al ser

utilizada aquella como alimento, éstos impiden la digestión, absorción o utilización de nutrientes.

Pueden ser clasificados como sustancias naturales no fibrosas que tienen efecto negativo en el crecimiento o salud de hombres y animales (Huisman y Tolman, 1992). Son compuestos naturales, provenientes principalmente del metabolismo secundario de las plantas, que reducen el consumo de alimento y la utilización de nutrientes en los animales (D'Mello, 1995).

La presencia de factores anti-nutrimientales en los frijoles impide totalmente la utilización de algún nutriente, ya sea a nivel digestivo o metabólico (Tacon y Jackson, 1985). De las principales sustancias químicas que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol destacan los inhibidores de tripsina, los taninos y el ácido fítico (Guzmán-Maldonado, 2002).

- Taninos

Los taninos son un grupo de compuestos fenólicos dentro de los flavonoides que generalmente tienen la habilidad para actuar como agentes complejadores de proteínas, son hidrosolubles de sabor áspero y amargo. Suelen acumularse en raíces y cortezas de plantas frutos y semillas, así como en sus hojas, aunque en menor proporción. Se les considera sustancias anti-nutrimientales porque, en elevadas concentraciones, pueden limitar la absorción de algunos nutrientes como el hierro (Domínguez, 2002). Por lo general se encuentran en la testa de la semilla, protegiéndola del daño oxidativo a que está expuesta debido a factores ambientales (Aparicio-Fernández *et al.*, 2005).

- Inhibidores de tripsina

Los inhibidores de tripsina son sustancias de carácter proteico, que se encuentran en leguminosas. En presencia de una proteasa y un sustrato producen una notoria disminución en la velocidad de la reacción catalizada por la enzima. Los

inhibidores de tripsina son considerados comúnmente como inhibidores proteolíticos y pueden provocar retardo en el crecimiento e hipertrofia pancreática (Dominguez, 2002).

- Ácido Fítico

Son compuestos fosfóricos mayormente almacenados en plantas. Se le relaciona como anti-nutriente debido a sus características para ligar minerales, proteínas y almidones reduciendo su biodisponibilidad. Como nuestro organismo no lo sintetiza, sólo lo obtenemos a través de la alimentación con cereales. Cuando es ingerido, produce efectos fisiológicos y bioquímicos adversos, ya que obstaculiza el aprovechamiento nutricional de minerales, llegando a ser tóxico en algunos casos, y es considerado el principal anti-nutriente de cereales y legumbres. Puede inhibir la absorción de minerales de interés nutricional, al formar con ellos compuestos insolubles, impidiendo su absorción. Otro efecto a nivel nutritivo del ácido fítico es su interacción con las proteínas formando complejos proteína–fitato a pH ácido y proteína–mineral–fitato a pH básico. Asociado a esto, pueden aparecer problemas en la salud tan importantes como alteraciones en el crecimiento de los niños, anemia, disfunciones reproductivas, cáncer, enfermedades cardíacas o alteraciones inmunológicas (Chen, Q., 2004).

1.2.4 Producción de frijol

En México, el frijol es la guarnición más utilizada para acompañar diferentes platillos (SIAP, 2011). El frijol es una rica fuente de proteínas e hidratos de carbono, además de ser una buena fuente de vitamina del complejo B como es la niacina, la riboflavina, el ácido fólico y la tiamina. Igualmente proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio y calcio y tiene un alto contenido en fibra. También es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados. Es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, sobre todo para las clases más desprotegidas del país, ya que constituye la fuente principal de proteínas para ese

sector, siendo un alimento que no puede sustituirse con algún otro (Financiera Rural, 2011).

La producción mundial de frijol mostró una Tasa Media Anual de Crecimiento de 2.1%, que significó un cambio de 16.1 millones de toneladas en 1998 a 20.4 millones en 2008, volumen que indica una demanda mundial mucho menor que la de otros granos.

El 72% del volumen mundial de producción de frijol se concentró en 10 países; la India y Brasil ocuparon los dos primeros lugares con 17% y 16% respectivamente, Myanmar tuvo el 3° lugar con 10% de la producción, China el 4° con el 9% y con el 6% de cada país se encontraron Estados Unidos y México, colocándose así en 5° y 6° lugar (SAGARPA 2012).

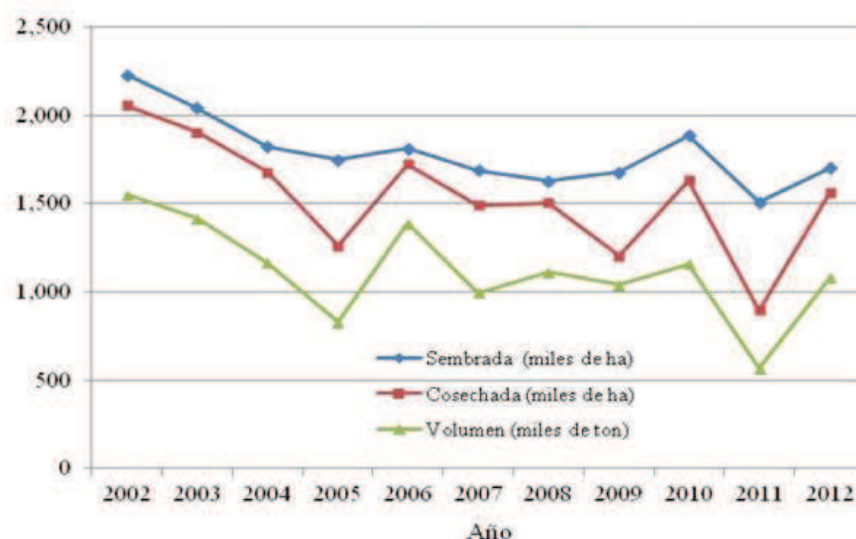


Figura 4. Superficie sembrada, cosechada y volumen de producción en México

Fuente: SAGARPA, 2012

Debido a su alta disponibilidad, su bajo costo y su tradición cultural tanto a nivel nacional como regional, en México se cultivan cerca de 70 variedades de frijol que se distribuyen en siete grupos: negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados. Las variedades de mayor consumo son: azufrado, mayocoba, negro jamapa, peruano, flor de mayo y junio. Las de consumo intermedio son: garbancillo, manzano, negro San Luis, negro Querétaro y pinto, y las de menor

preferencia son: alubia blanca, bayo blanco, negro zacatecas, ojo de cabra y bayo berrendo. Las variedades azufrada y Mayocoba tienen un mayor consumo en la zona norte de México, principalmente en Sinaloa. El frijol negro tiene una demanda concentrada en las zonas centro y sur del país y se produce principalmente en Nayarit y Zacatecas (SAGARPA, 2012)

1.2.5 Complementación nutrimental entre leguminosas y cereales

Lazou *et al.*, (2010) destaca la importancia de las semillas de leguminosas como una alternativa de buena proteína debido al crecimiento de la población mundial y la reducción del consumo de proteína animal, sobre todo en países desarrollados.

Cuando hablamos de proteínas e ingesta diaria debemos tener en cuenta que sea proteína de alta calidad, es decir, que tenga los aminoácidos esenciales necesarios en buena proporción. Las proteínas animales son de mayor valor biológico que las vegetales, pero solo si atendemos a alimentos por separado. En el momento en que combinamos correctamente diferentes alimentos vegetales estamos mejorando la calidad de la proteína.

Un ejemplo práctico y sencillo es el de los cereales y legumbres. En el caso de las legumbres, éstas son deficitarias en metionina, sin embargo les sobra lisina. Lo contrario ocurre con los cereales, que son deficitarios en lisina y ricos en metionina. Por tanto, la combinación de cereales y legumbres es perfecta, consiguen establecer una proteína de alto valor biológico. Aplicaciones prácticas de esta combinación podemos establecer muchas. Es el caso de comer un plato de lentejas con arroz o de garbanzos con cuscús. También podemos añadir frijoles a la preparación de nuestros platos de pasta (Hernández *et al.*, 2010).

Y no solo vale la combinación de alimentos vegetales para mejorar la calidad de las proteínas. También podemos combinar cereales o legumbres con alimentos de origen animal que cuenten con los aminoácidos esenciales que a ellos les faltan.

Es el caso de la preparación del arroz con leche o añadir un huevo o complementar con carne un plato de legumbres. Estas combinaciones son sobre todo importantes para personas que sigan una dieta vegetariana, ya que el aporte proteico es uno de los aspectos más preocupantes en su dieta, tanto para obtener las proteínas diarias necesarias como para obtener esa proteína de calidad que permita reparar tejidos y crear nuevas estructuras (Arias, 1993).

1.3 Obesidad en México

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al sobrepeso y la obesidad (SPyO) 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 transmisibles. En el caso de México, el SPyO se asocia 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 SPyO. Entre 2000 y 2012, 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 sólo por los Estados Unidos, problema que está presente no sólo en la infancia y la adolescencia, sino también en población en edad preescolar (ENSANUT, 2012).

Datos del ENSANUT indican que 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.

El SPyO es 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 en este 2015, 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 y 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 cintura), toma de presión arterial, determinación de los niveles de glucosa, triglicéridos, colesterol e insulina y estudios genéticos (que identifican genes que se asocian a la obesidad infantil).

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, el 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 las hace un producto poco recomendable para la salud. Pero una opción sería desarrollar una botana con mejor calidad nutrimental.

1.4 Botanas

1.4.1 Definición y consumo

Según el PROY-NOM-216-SSA1-2002 se le considera botana a “los productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, 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”.

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

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).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2011), las frituras de harina de trigo y maíz son las más consumidas en México (Figura 5), debido a que la mayoría de las botanas están hechas con dichos cereales así mismo es resultado de que ambos cereales son dos de los 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).

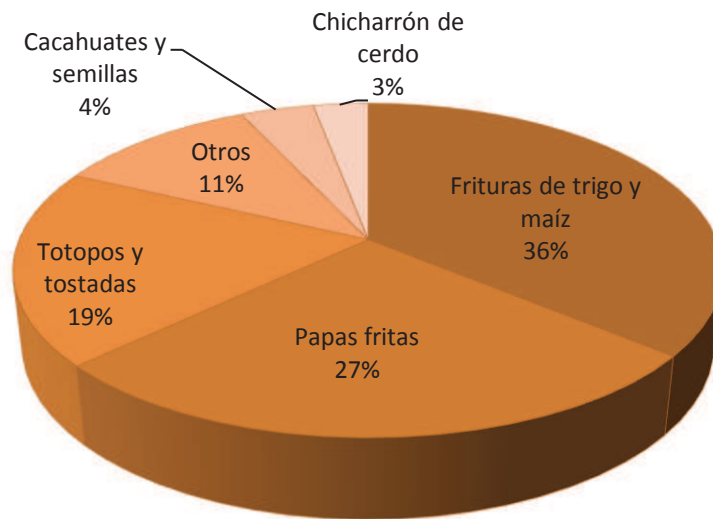


Figura 5. Consumo de Botanas

Fuente: INEGI 2011

Luego de un período de contracción, durante la crisis económica de 2009-2010, y una moderada recuperación en 2011, la industria de botanas se recuperó y en los primeros cinco meses del presente año alcanzó un crecimiento de 7 %, atrayendo a nuevas empresas a participar en el sector. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), las frituras generan un mercado en México con valor de 62 mil 758 millones de pesos y 22 mil 558 toneladas, lo que representa el total de los ingresos y volumen obtenido por más de 3 mil 700 empresas del sector, de las cuales 140 están asociadas a Canacintra.

En México, Sabritas, propiedad de Pepsi, es la principal compañía botanera con 66.1% de participación de mercado, seguida de Barcel, de Grupo Bimbo, con 17% de las ventas de botanas en el país, conforme a datos de la consultora Euromonitor International. Sin embargo, no solo se ve reflejado el consumo acorde a las diversas marcas que ofrecen dicho producto sino también se han realizado estadísticas acorde al consumo por el tipo de botana (Figura 6).

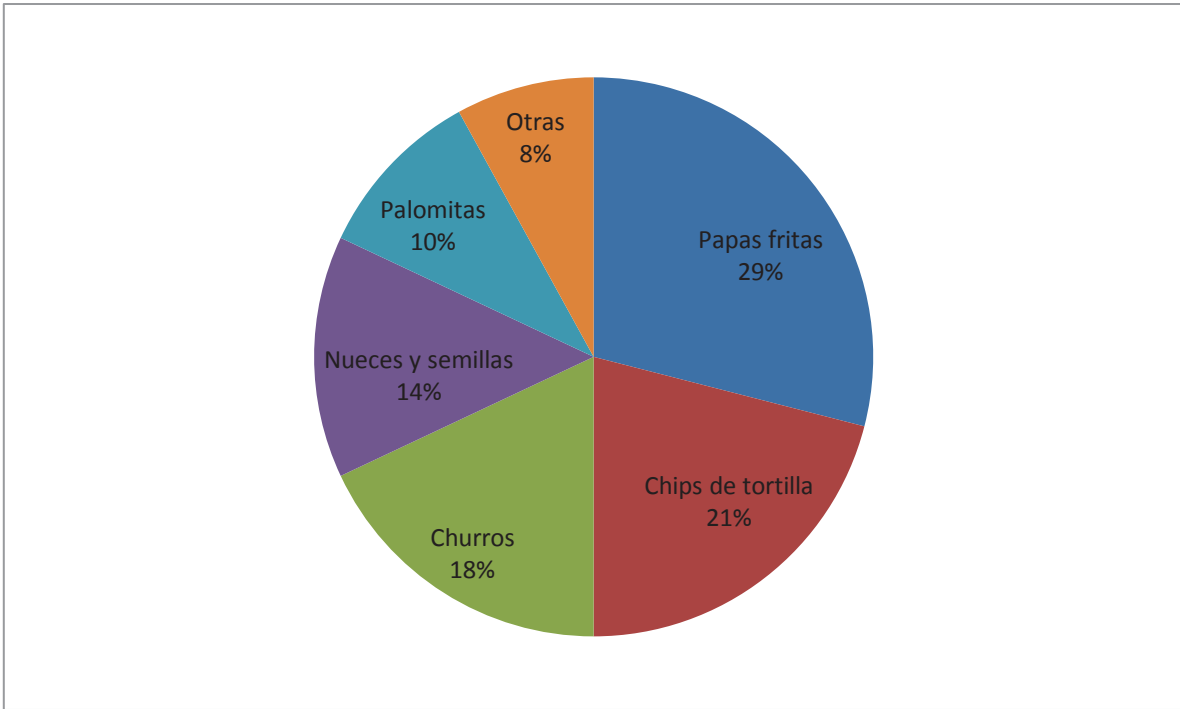


Figura 6. Consumo Anual acorde al tipo de botana

Fuente: Revista El consumidor “Snacking” 2010

En el presente trabajo se realizó una botana que tenga un contenido nutrimental mayor que las botanas comerciales elaboradas a base de maíz. Se propuso un producto elaborado a base de maíz complementado con frijol, además será una botana horneada para evitar el uso de grasas, para que sea un alimento saludable para el consumidor.

2. Objetivos

Objetivo General

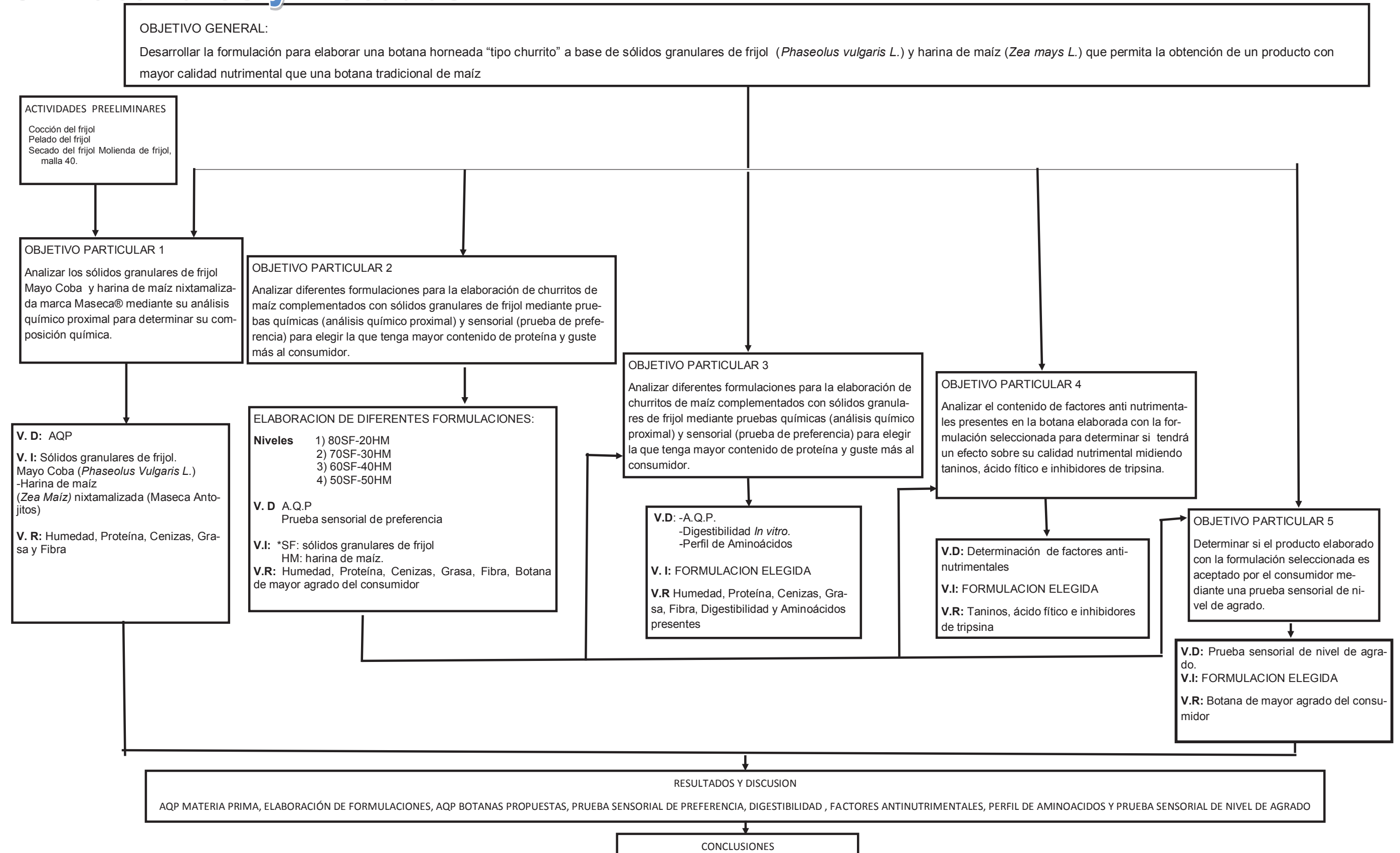
Desarrollar la formulación para elaborar una botana horneada “tipo churrito” a base de sólidos granulares de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y harina de maíz (*Zea mays L.*) que permita la obtención de un producto con mayor calidad nutrimental que una botana tradicional de maíz

Objetivos Particulares

- 1 Analizar los sólidos granulares de frijol Mayo Coba y harina de maíz nixtamalizada marca Maseca® mediante su análisis químico proximal para determinar su composición química.
2. Analizar diferentes formulaciones para la elaboración de churritos de maíz complementados con sólidos granulares de frijol mediante pruebas químicas (análisis químico proximal) y sensorial (prueba de preferencia) para elegir la que tenga mayor contenido de proteína y guste más al consumidor.
3. Determinar si la botana elaborada con la formulación seleccionada tiene mayor calidad nutrimental que una botana comercial elaborada con maíz mediante su análisis químico proximal, digestibilidad in vitro y perfil de aminoácidos.
4. Analizar el contenido de factores anti nutrimentales presentes en la botana elaborada con la formulación seleccionada para determinar si tendrá un efecto sobre su calidad nutrimental midiendo taninos, ácido fítico e inhibidores de tripsina.
5. Determinar si el producto elaborado con la formulación seleccionada es aceptado por el consumidor mediante una prueba sensorial de nivel de agrado

3. Materiales y Métodos

3.1 CUADRO METODOLOGICO



3.2 Obtención de la muestra

3.2.1 Remojo y cocción

Se tomaron muestras de 25 semillas de frijol Mayocoba y se remojaron durante 18 horas en 75 mL de agua a temperatura ambiente (22-25 °C). Después del remojo los granos se drenaron y se cocieron en un recipiente metálico durante 2 horas y media, para que los frijoles alcanzaran una textura granular suave, es decir que estuvieran aptos para ser consumidos como alimento, lo cual se evaluó sensorialmente mordiendo un grano con los dientes incisivos y oprimiéndolo entre la lengua y el paladar, de acuerdo al método descrito por Elías *et al.* (1986). Se dejaron enfriar a temperatura ambiente (22-25 °C) y finalmente se retiró su testa manualmente, debido a que ésta proporciona un sabor amargo.

3.2.2 Obtención de los sólidos granulares

Los frijoles cocidos se deshidrataron en un horno, a una temperatura de 65°C por 45 minutos. Los frijoles cocidos se molieron en un molino de cuchillas hasta obtener un polvo fino capaz de pasar un tamiz malla 40 y posteriormente los sólidos granulares se almacenaron en refrigeración a 4 °C en frascos de cristal con tapa de rosca para su posterior uso.

También se trabajó con harina de maíz nixtamalizada (antojitos) de marca comercial MASECA.

3.3 Análisis Químico Proximal

Se realizó el Análisis Químico Proximal a los sólidos granulares de frijol Mayo Coba y harina de Maíz nixtamalizado Antojitos MASECA de acuerdo a lo establecido por la A.O.A.C, 2002 y A.O.A.C, 2005.

3.3.1. Determinación de humedad por estufa.

La determinación se realizó por el método de sólidos totales y humedad en harina, empleando un horno de secado y se basó en una determinación gravimétrica en la que se obtiene la diferencia de pesos de una muestra antes y después de secar en un horno a una temperatura constante de 130 °C durante una hora.

Procedimiento: Se pesaron de 3 a 5 gramos de muestra en una caja de aluminio, las cuales previamente fueron puestas a peso constante durante 2 horas (pesado cada hora) a 130 °C.

Se secó la muestra 1 hora en la estufa a 130°C. Se retiró de la estufa, dejó enfriar en el desecador y pesó tan pronto como se equilibró con la temperatura ambiente y se repitió el proceso de secado hasta que se llegó a peso constante. La prueba se realizó por triplicado. Y se realizó el cálculo con la ec. 1:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_2 - W_3}{W_1} * 100 \dots\dots\dots \text{Ec (1)}$$

Dónde:

W₁= Peso de la muestra (g)

W₂= Peso de la muestra húmeda (g)

W₃= Peso de la muestra seca (g)

3.3.2. Determinación de proteína por Microkjeldahl

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

Su principio es determinar la materia nitrogenada total, basándose en la digestión de la muestra en ácido sulfúrico para reducir el nitrógeno orgánico hasta amoníaco, el cual queda en forma de sulfato de amonio.

Concluida la digestión se alcaliniza, se destila directamente o por arrastre con vapor para desprender el amoniaco, el cual es atrapado en una solución ácida y titulado con HCl 0.1N.

Procedimiento: Se pesaron 0.1 g de muestra y se introdujeron en un tubo de digestión kjeldahl, se agregaron 0.2gr de sulfato de cobre pentahidratado, 1.5 gramos de sulfato de potasio o sulfato de sodio y 2 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Se encendió la parrilla y se colocaron los tubos. Se accionó la campana para que succionara los vapores que se produjeron. Se calentó hasta total destrucción de la materia orgánica, es decir, después de 90 minutos, en ese tiempo la muestra debió quedar como un líquido transparente con una coloración azul verdosa.

En un matraz erlenmeyer de 125 mL se adicionaron 50 mL de ácido bórico 4% y tres gotas de indicador de fenoftaleina.

Se colocó el matraz en el aparato de destilación, cuidando de introducir la alargadera hasta el fondo de la solución. Se puso en la copa superior del equipo, la muestra tibia con 5 mL de agua destilada; y se abrió la primera llave de descarga y dejó caer la muestra. Se agregó en la copa 10 mL de NaOH 40%. Dejándolo destilar hasta alcanzar un volumen de destilado de 100 mL.

Se tituló el exceso de ácido con una solución de HCl 0.1N. Se realizó una prueba en blanco empleando la misma cantidad de catalizador y ácido sulfúrico. Se repitió la prueba por triplicado. Se realizó el siguiente cálculo utilizando la ec. 2:

$$\%Nitrógeno = \frac{\text{ml de HCl} * \text{Normalidad del HCl} * 0.014}{\text{Peso de la muestra (g)}} * 100$$
$$\% \text{ de Proteína} = \%Nitrógeno * F \quad \dots\dots\dots \text{Ec (2)}$$

Dónde:

F= Factor de conversión (6.25)

Tabla 6. Composición química aproximada de los granos y cereales

Cereales	Proteína	Grasas	Hidratos de Carbono		Cenizas	Factor de conversión de proteína
			Totales	Fibra		
Arroz	10.1	2.1	86.4	1.0	1.4	5.95
Avena	22.4	9.8	64	3.9	3.8	6.25
Cebada	10.1	1.1	87.6	0.8	1.2	5.83
Centeno	13.6	1.9	82.5	2.2	2.0	5.83
Maíz	10.3	4.5	83.8	2.3	1.4	6.25
Mijo	11.2	3.3	82.7	3.6	2.8	5.83
Sorgo	12.3	3.7	82.1	1.9	1.9	6.25
Trigo	13.4	2.4	82.3	2.4	1.9	5.83
Triticale	20.2	4.5	73.1	-	2.2	5.83
Amaranto	-	-	-	-	-	5.87
Ajonjolí	-	-	-	-	-	6.25

Fuente: Primo E. (1997)

Tabla 7. Factores de conversión para obtener la proteína cruda a partir del contenido total de nitrógeno para diferentes ingredientes usados en la fabricación de alimentos.

Muestra	Factor de Conversión
Haba	6.25
Nueces	5.46
Frijol de soya	5.71
Almendras	5.18
Frijol Bayo, Mayocoba, Negro	6.25
Coco	5.30
Leche y quesos	6.38
Margarina y mantequilla	6.38
Semilla de sésamo	5.30
Nuez de Brasil	5.46

Fuente: Tacon (1990)

3.3.3 Determinación de extracto etéreo por Soxhlet

La determinación se realizó por la técnica de extracción Soxhlet. Método de la AOAC 920.35 (2005). Su principio se basa en la extracción directa con un solvente, donde el mejor agente es el éter de petróleo, finalmente se somete a secado en horno durante 30 minutos, para determinar la grasa total extraída.

Procedimiento: Se puso a peso constante un matraz bola de fondo plano con perlas o piedras de ebullición en la estufa a 110°C, aproximadamente 2 horas (pesando cada hora).

Se pesaron 3 gramos de muestra libre de humedad sobre papel poroso, enrollado y colocado en un cartucho, tapado con algodón y se colocó el cartucho en el extractor.

Se conectó el matraz al extractor y éste al refrigerante. Se agregaron dos cargas de éter etílico por el refrigerante y se calentó el matraz con parrilla a ebullición suave. Para verificar que se extrajo toda la grasa, se dejó caer una gota de la descarga sobre papel filtro, al evaporarse el éter no debía dejar residuo de grasa.

Una vez extraída toda la grasa, se quitó el cartucho con la muestra desengrasada, se siguió calentando hasta la casi total eliminación del éter recuperándolo antes de que se descargara. Se quitó el matraz y secó el extracto a 75-80 °C por 30 min., se enfrió y pesó. Se realizó la prueba por triplicado. Se realizó el siguiente cálculo utilizando la ec. 3:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{W_3 - W_2}{W_1} * 100 \dots\dots\dots \text{Ec (3)}$$

Dónde:

W₁= Peso la muestra (g) antes de la desecación

W₂= Peso del matraz sin muestra (g)

W₃= Peso del matraz con grasa (g)

3.3.4 Determinación de cenizas

Se realizó por el método de incineración, método de la AOAC 923.03, (2002) empleando una mufla. Su principio se basa en una determinación gravimétrica.

Para su determinación se siguen los siguientes pasos:

Procedimiento: Se pesaron de 3 a 5 gramos de muestra en un crisol, que fue puesto a peso constante durante 2 horas (pesado cada hora) a 600 °C.

Se calcinó la muestra, primeramente con un mechero en la campana hasta que no se desprendían humos y posteriormente se metió a la mufla 2 horas (pesando cada hora) a 530°C. Se repetiría la operación anterior si era necesario, hasta conseguir unas cenizas blancas o ligeramente grises, homogéneas y que esté a peso constante. Se realizó la prueba por triplicado. Se realizó el cálculo con la ec.

4:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{C - A}{B - A} * 100 \quad \dots\dots\dots \text{Ec (4)}$$

Dónde:

A= masa del crisol (g)

B= masa del crisol con muestra (g)

C= masa del crisol con muestra calcinada (g)

3.3.5 Determinación de Fibra

Tratar la muestra desengrasada, con soluciones de ácido sulfúrico 0.25N e hidróxido de sodio 0.5N. Separar el residuo por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble, determinando posteriormente su pérdida de masa por calcinación a 550 °C

Procedimiento: Se pesaron de 1 a 3 gramos de muestra desengrasada y añadieron 200mL de ácido sulfúrico. Se llevaron a ebullición y fueron mantenidas durante treinta minutos. Transcurridos los treinta minutos se adicionaron 200mL de hidróxido de sodio y se llevó a ebullición durante treinta minutos, filtrado con el papel filtro que fue colocado a peso constante durante 1 hora (pesado cada 30 minutos) y embudo en un matraz, se lavó con agua destilada hasta que no dió reacción alcalina. Deshidrató lavando con alcohol dos o tres veces. Se llevó el papel a la estufa y secado a 110 °C durante una hora. Dejando enfriar en desecador y se pesó rápido. Se colocó el papel en un crisol a peso constante y

calcinó durante una hora a 550 °C. Dejó enfriar en desecador y pesó rápidamente. Se realizó el cálculo con la ec. 5:

$$PT_1 = \text{Peso papel con Fibra} - \text{Peso papel solo}$$

$$PT_2 = \text{Peso crisol con Fibra} - \text{Peso crisol solo}$$

$$\% \text{ Fibra} = \frac{PT_1 - PT_2}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \dots \text{Ec (5)}$$

Dónde:

PT₁= Peso de fibra

PT₂= Peso de fibra incinerada

3.3.6 Determinación de Carbohidratos

La determinación de hidratos de carbono se realizó por diferencia según las recomendaciones de la FAO y la OMS (1982), a partir de los resultados obtenidos en las determinaciones de grasa (G), cenizas (C), proteína (P), humedad (H) y fibra (F) (FAO/OMS, 1998) de forma que se realiza el cálculo con la ec. 6:

$$\% \text{ CHOS} = 100 - (G + C + P + H + F) \dots \text{Ec. (6)}$$

Dónde:

G= Grasa

C= Cenizas

P= Proteína

H= Humedad

F= Fibra

3.4 Elaboración de diferentes formulaciones

Con base en la formulación inicial (Tabla 7) se realizaron modificaciones sólo en el porcentaje de la mezcla de harina de maíz y los sólidos granulares de frijol, y se propusieron las formulaciones que se muestran en la Tabla 8. A estas se les evaluó su composición química mediante su Análisis Químico Proximal.

Tabla 8. Formulación Base

FORMULACION BASE (g)
100 - HMN
19 – AGUA
1.5 – SAL

*HMN: harina de maíz nixtamalizado

En el siguiente diagrama se muestra el proceso realizado para la obtención de las botanas en el cual se observa que primero los frijoles deben someterse a un remojo a una temperatura ambiente (22 – 25 °C), después se cocen para durante el enfriamiento retirar la testa, habiendo retirado ésta se somete a un proceso de deshidratación con la finalidad de retirar humedad del frijol para poder realizar la molienda y posteriormente el tamizado para así obtener los sólidos granulares de frijol que se almacenarán para después mezclarlos con sal, harina de maíz nixtamalizada y agua para formar la masa que luego será moldeada, transformándose así en la botana cruda la cual se horneará a 180 °C por 15 minutos obteniendo así el producto final, una botana de maíz y frijol. Dicho proceso se realiza para cada una de las botanas variando únicamente el porcentaje de los sólidos granulares de frijol.

DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA ELABORACIÓN DE UNA BOTANA

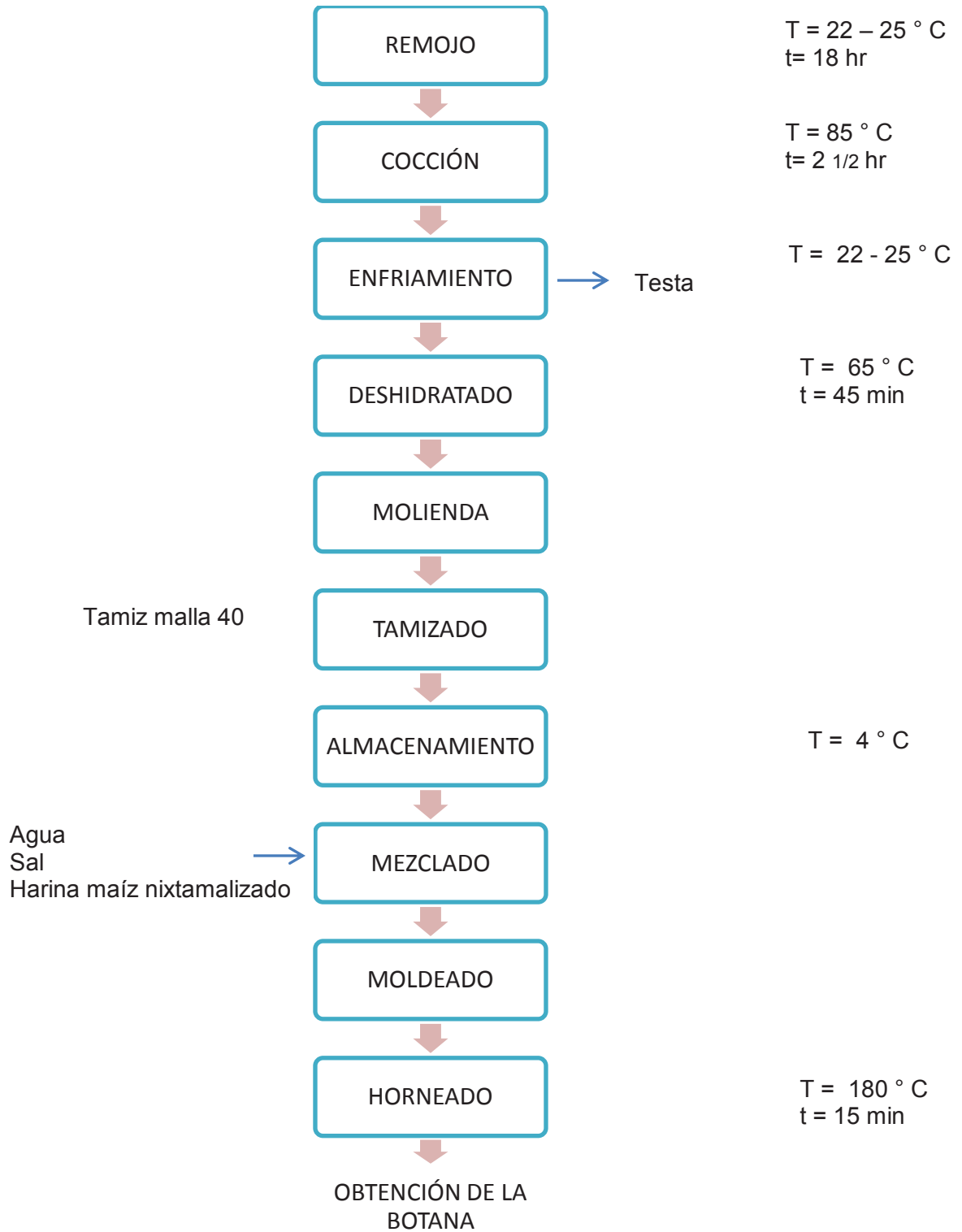


Tabla 9. Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana acorde a la variación de sólidos granulares de frijol y harina de maíz.

FORMULACIONES (%)
80SF-20HMN
70SF-30HMN
60SF-40HMN
50SF-50HMN

*SF: Sólidos granulares de frijol, HMN: Harina de maíz nixtamalizado.

3.5 Análisis Químico Proximal de Formulaciones

Se realizó el Análisis Químico Proximal a las diferentes formulaciones de los sólidos granulares de frijol *Mayo Coba* y *harina de Maíz nixtamalizado* (de marca comercial MASECA) de acuerdo a lo establecido por la A.O.A.C., 2005 y como se indicó en el apartado anterior.

3.5.1 Determinación de humedad por el método por secado de estufa.

3.5.2 Determinación de proteína por el método de Microkjeldahl

3.5.3 Determinación de grasa por el método de Soxhlet

3.5.4 Determinación de cenizas por el método de calcinación

3.5.5 Determinación de fibra por el método de Wendee

3.5.6 Carbohidratos por el método de diferencia de pesos

3.6 Prueba sensorial de preferencia y nivel de agrado

Se realizó una prueba sensorial de preferencia (Figura 7) para seleccionar la formulación más aceptada (Pedrero, 1989).

La prueba se realizó a 100 jueces no entrenados de entre 20 y 40 años, se les dio a probar las diferentes formulaciones y seleccionaron aquella cuyo nivel de agrado fuese mayor dando un valor de 4 a dicha formulación y 1 a la cual de menor agrado.

FIGURA 7. Cuestionario de prueba de preferencia

PRUEBA DE PREFERENCIA				
Sexo:	M	F		Edad:
Fecha:				
INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia, otorgándole un valor de 1, 2, 3 o 4, considerando que 1 es la que menos le gusta, 2 la que no le gusta ni le disgusta, 3 le gusta y 4 es la que más le gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo explique brevemente ¿Por qué tomó esa decisión?				
MUESTRAS	710	711	712	713
PREFERENCIA	_____	_____	_____	_____
Porque	_____			

También se realizó una prueba sensorial de nivel de agrado (Figura 8) para saber el grado de aceptación del consumidor (Pedrero, 1989).

La prueba se realizó a 100 jueces no entrenados de entre 20 y 40 años, se les dio a probar las diferentes formulaciones y seleccionaron aquella cuyo nivel de agrado fuese mayor dando un valor de 0 a 4 acorde a si la botana disgustaba mucho, 5 si le era indiferente y de 6 a 10 si había gustado mucho, teniendo en cuenta que 0 se considera como no le agrado nada y 10 como su agrado fue alto.

FIGURA 8. Cuestionario de la prueba de nivel de agrado

La prueba se realizó a 100 jueces no entrenados de entre 20 y 40 años, se les dio a probar las diferentes formulaciones y en una escala de 0 a 10 marcaron su nivel de preferencia.

PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO											
Edad: _____			Sexo: Hombre Mujer			Fecha: _____					
INSTRUCCIONES: Pruebe el churrito y sobre la línea indique con una X su nivel de agrado teniendo en cuenta que 0 equivale a disgusta mucho y 10 como fue de mucho agrado, en el espacio de abajo explique brevemente por que tomo esta decisión.											
DISGUSTA MUCHO				ES INDIFERENTE				GUSTO MUCHO			
<hr/>											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
¿Por qué? _____											
¡GRACIAS!											

3.7 Prueba de Digestibilidad *In-vitro*

Se determinó la cantidad de nitrógeno total (micro Kjeldahl), se preparó una muestra a una concentración de 5.25 mg/mL (50 mL totales). La solución se ajustó a pH 8 con ácido clorhídrico 0.1N y se agitó en un baño de agua caliente a 37°C. Paralelamente se preparó una solución multienzimática, se ajustó el pH a 8 y se conservó en hielo hasta que se terminó el experimento.

A la suspensión se le agregaron 5 mL de solución multienzimática y se mantuvo la agitación y la temperatura midiendo la caída de pH después de 20 min (Hsu *et al.*, 1977).

3.8 Perfil de aminoácidos

La determinación del perfil de aminoácidos se realizó por cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC) y se cuantificaron los siguientes aminoácidos,

Aspártico , glutámico, serina, histidina, glicina, treonina, arginina, alanina, tirosina, metionina, valina, fenilalanina ,isoleucina, leucina y lisina (Vázquez-Ortíz, et. al 1995).

3.9 Determinación de factores anti nutrimentales

3.9.1 Determinación de Ácido fítico.

Se realizó de acuerdo al método Caskey- Knapp (1944) modificado por AACC (1969). El extracto de una muestra se calienta con una solución de ácido férrico para conocer el contenido de hierro libre. La disminución del hierro (determinada colorimétricamente con 2,2-bipiridina) en el sobrenadante es la medida del contenido de ácido fítico.

1. Se pesó 0.1 g de muestra y se le adiciono 20 mL de HCl 0.2N.
 2. Se agito la mezcla por 20 minutos y se centrifugo a 5000 rpm por 15 minutos.
 3. Se tomaron 0.5 mL del extracto y se colocaron en un tubo de ensayo, se agregó 1 mL de sulfato férrico de amoniaco 0.2%, se tapó el tubo y se calentó a 95 ± 2 °C por 30 minutos. Transcurrido este tiempo se enfrió el tubo y una vez que se encontró a temperatura ambiente se adicionaron 2 mL de 2,2-Bipiridina y se agito.
 4. A los 30 segundos exactamente de que se adiciono el reactivo se leyó la absorbancia a 519 nm.
 5. Se realizaron los cálculos correspondientes para obtener el porcentaje de ácido fítico en la muestra.
- Graficar μg de P del ácido fítico/mL Vs. Absorbancia corregida, realizó la regresión lineal y obtuvo la ecuación de la recta ($y=mx + b$).
 - Determinó el porcentaje de ácido fítico mediante la ecuación 7:

$$P = \frac{x * E}{T}$$

$$\%Acido Fítico = \frac{P * 100\%}{\left(\frac{Muestra}{ml HCl}\right)}$$

..... Ec. (7)

Donde:

E= Equivalente a 660.08g (1 mol de ácido fítico)

T= Equivalente a 185,82g (6 moles de P)

P= µg de P del ácido fítico/mL

3.9.2 Determinación de Inhibidores de Tripsina.

La técnica se basa en poner en contacto el extracto acuoso o diluido de una muestra con una solución estándar de tripsina, posteriormente se determinó la actividad proteolítica remanente utilizando un sustrato sintético (benzoil-arginina-p-nitroanilina), el cual producirá coloración, que es inversamente proporcional al contenido de inhibidores de tripsina y que se lee en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 410 nm (Kadake *et al.*, 1974).

1. A 1 g de muestra, se adicionó NaOH 0.01N; se ajustó el pH a 9.6, agitado por un tiempo de 2 hr con 30 min a 300 rpm. Después se dejó en reposo por 30 min y centrifugó 5 minutos a 5000 rpm.
2. Se tomaron porciones de 0, 0.6, 1, 1.4, y 1.8 ml del extracto anterior ajustando el volumen a 2.0 mL con agua destilada.
3. Se adicionaron 2 mL de solución estándar de tripsina y agitar. Se mantuvo en contacto inhibidor de tripsina-tripsina por 10 min en un baño de 37 °C.
4. Se adicionó solución BAPNA (Benzoil-arginina-p-nitroanilide) cada 30 segundos y se mantuvo dicha mezcla de reacción por 10 minutos exactamente.
5. Se adiciono 1 mL de ácido Acético al 30%, para detener la reacción.
6. La lectura en el espectro se realizó a una longitud de onda: λ 410 nm.

7. Se graficaron (x) los ml de extracto vs (y) UTI/ml (UTI: unidades totales de inhibidores de tripsina), para calcular la regresión lineal.
8. La r debe ser mayor a 0.9 y si es así, se sustituyó el valor de la ordenada al origen (b) en la ecuación 8.

$$B * Factor * \frac{\text{Valor de la muestra}}{\text{mg de la muestra}} = \frac{UTI}{\text{mg de muestra}}$$

B= Ordenada al origen

..... Ec. (8)

Factor= Factor de dilución

3.9.3 Determinación de Taninos.

Se basa en la extracción de los taninos hidrolizables y condensados (fenoles totales) mediante dimetilformamida (DMF) al 75% y la posterior reducción de ión férrico debido a los iones polifenoles con la subsiguiente formación de un complejo colorido en condiciones alcalinas, cuantificado espectrofotométricamente a 525 nm (ISO 9648, 1988).

Preparación de la curva patrón

1. Se realizó una curva patrón con solución estándar de ácido tánico al 0.2 % .
2. Se aforó a 25 mL con solución DMF.
3. Se agregaron 1 mL de alícuota y ajustó el volumen a 6 mL con agua destilada, 1 mL de citrato férrico (17-20%), 1 mL de amoniaco y al blanco 1 mL de DMF.
4. Se dejó reposar 10 minutos y se realizó la lectura a una absorbancia de 525nm.

Preparación de la muestra

1. Se pesó 1 g de muestra.
 2. Se adicionó DMF al 75%.
 3. Se agitó durante 1 hora, y dejó reposar durante 15 minutos.
 4. Se centrifugó a 5000 rpm durante 20 minutos.
 5. Se tomó 1mL de muestra del sobrenadante, se ajustó el volumen a 6 mL con agua destilada, 1 mL de citrato férrico (17-20%), 1 mL de amoniaco.
 6. Se leyó la absorbancia a 525nm y realizó los cálculos correspondientes.
- Determinación del porcentaje de taninos se utilizó la ecuación 9.
7. El valor de absorbancia obtenido se interpoló en una curva patrón de ácido tánico.

$$\%Taninos = \frac{X}{m} * 100$$

Dónde:

x=valor obtenido (g)

..... Ec. (9)

m=peso de la muestra (g)

3.10 MÉTODO ESTADÍSTICO.

Las pruebas se realizaron por triplicado y se calculó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación. Para la comparación de medias se usó la prueba de rango múltiple t-student con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$.

3.10.1 Cuadro de variables

Factores de Variación	Niveles	Repetición	Factor dependiente	Factor Respuesta	Técnica/ instrumento
% Harina maíz	80-20	3	AQP	Humedad	AOAC (2002). Official Methods of Analysis. Asociation Official Analytical Chemistry.
	70-30	3		Proteína	
%Sólidos granulares de frijol	60-40	3		Cenizas	
	50-50	3		Grasa	
			Evaluación sensorial	Botana de mayor agrado del consumidor	AOAC (2005). Official Methods of Analysis. Asociation Official Analytical Chemistry. Pedrero D., Pangborn R.M (1989). Evaluación sensorial de los alimentos.

4. Resultados y Discusión

4.1 Análisis Químico Proximal de Materia Prima

En la Tabla 10 se muestra el análisis químico proximal realizado a la harina de maíz nixtamalizado así como a los sólidos granulares de frijol para poder identificar cuantitativamente el porcentaje de los nutrientes que posee tanto el maíz como el frijol.

Tabla 10. Análisis Químico Proximal de Harina de Maíz Nixtamalizado y sólidos granulares de Frijol Mayocoba cocido.

	<i>HUMEDAD</i> (g/100g)	<i>PROTEINA</i> (g/100g)	<i>GRASA</i> (g/100g)	<i>CENIZA</i> (g/100g)	<i>FIBRA</i> (g/100g)	<i>CHO'S</i> (g/100g)
Sólidos granulares de frijol Mayocoba	1.62 ± 0.16 ^{a*}	26.67±0.50 ^a	1.75±0.14 ^a	2.64±0.1 ^a	3.22±0.04 ^a	64.1±0.64 ^a
Harina de Maíz nixtamalizado MASECA	2.8 ± 0.01 ^b	6.94±0.01 ^b	1.10±0.05 ^b	1.44±0.03 ^a	2.84 ±0.05 ^b	84.86±0.06 ^b

* Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa $P \leq 0.05$.

Para la elaboración de los sólidos granulares de frijol se realizó un remojo previo, el cual es considerado una práctica común para suavizar la textura del frijol así como para poder acelerar su cocción, durante este proceso existe una importante disminución de factores anti nutrimentales (oligosacáridos de la familia de la rafinosa) (32 – 91%), fitatos (46 – 50%) los cuales en combinación con el zinc, calcio, hierro entre otros bloquea la absorción de los mismos en el tracto intestinal, polifenoles (3-70%) e inhibidores enzimáticos (1-15%) (Bressani et. al., 1991; Bonilla et al., 1991). Reyes Moreno (1996) reportó una disminución de tiempo de cocción de aproximadamente el 75% en frijol de variedad Mayocoba, cuando este fue remojado durante 18hr sin presentar variación significativa en su composición nutrimental así como en el índice de hidrólisis y por consecuencia tampoco en el

valor del índice glucémico lo que indica una digestión lenta del frijol; característica común de las leguminosas, sin embargo se indica que un remojo mayor a dicho tiempo puede ocasionar variación en el contenido de almidón, así mismo el remojo es conocido como “activación”, porque al realizar este remojo vamos a desactivar ciertos inhibidores enzimáticos presentes en las semillas y granos y a su vez el frijol se vuelve mucho más fácil de digerir y las vitaminas y minerales que contiene se absorben con mayor facilidad en nuestro organismo, así como para aumentar la cantidad de vitaminas, especialmente vitaminas del grupo B.

Al observar el análisis químico de la harina de maíz nixtamalizado marca comercial Antojitos MASECA comparada con el del frijol Mayocoba (Tabla 9) se puede decir que, tiene casi cuatro veces menos porcentaje de proteína con respecto a los sólidos granulares de frijol, así como 25% más de carbohidratos y menor contenido de minerales y fibra, por lo tanto, se puede considerar a los sólidos granulares de frijol Mayocoba como una buena fuente de proteína por su contenido y su calidad reportada en la literatura (Carmona *et. al.*, 2005), y que esta puede complementar a la proteína del maíz, deficiente en cantidad y calidad (Edu-Alimentaria,2014; Watson *et al.*, 1987). También, el mayor contenido tanto de fibra como de minerales del frijol como su menor contenido de carbohidratos, son cualidades nutrimentales que pueden complementar a la harina del maíz (Carmona *et al.*, 2005; Bello-Pérez *et al.*, 2009). Con base en estos resultados se determinó que el frijol sí puede complementar a la harina de maíz para elaborar el producto.

4.2 Elaboración de formulaciones

Para elaborar las botanas con maíz y frijol se propusieron diferentes formulaciones, las cuales se muestran en la Tabla 11. Se requería una concentración alta de frijol para que influyera en la calidad química del producto final, pero también se requería que se

podiera elaborar una botana con buenas características sensoriales, por esa razón se propusieron porcentajes de frijol del 50% como mínimo y hasta un 80%.

Tabla 11. Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana.

INGREDIENTE (g)	FORMULACIÓN			
	80SF-20HM	70SF-30HM	60SF-40HM	50SF-50HM
Sólidos granulares de frijol	10.4	9.1	7.8	6.5
Harina de maíz	2.6	3.1	5.2	6.5
Sal	0.2	0.2	0.2	0.2
Agua (ml)	19	19	19	19

4.3 Análisis Químico Proximal de Formulaciones de Botanas Propuestas

Con las cuatro formulaciones propuestas se pudieron elaborar botanas correctamente, por lo tanto, para poder escoger la mejor formulación se realizó el Análisis Químico Proximal a cada una de ellas (Tabla 12).

En la Tabla 12 se muestra el análisis químico proximal realizado a las diferentes formulaciones propuestas para la elaboración de las botanas dicha tabla se referencia en base húmeda; en la Tabla 13 se muestra el mismo análisis con referencia en base seca, esto se realizó con la finalidad de comparar los resultados obtenidos y analizar el porqué de la variación de humedad.

Tabla 12. Análisis Químico Proximal de las diferentes formulaciones propuestas para la elaboración de las botanas (base húmeda)

HARINA	FORMULACION	HUMEDAD (g/100g)	PROTEINA (g/100g)	GRASA (g/100g)	CENIZAS (g/100g)	FIBRA (g/100g)	CHO'S (g/100g)
MAIZ (M) NIXTAM ALIZADO	100% MAIZ (M)	4.87 ^a ±0.05	8.29 ^a ± 0.59	3.00 ^a ±0.06	3.39 ^a ±0.33	2.84 ^a ±0.05	84.86 ^a ±0.06
FRIJOL MAYO COBA (MC)	MC50 - 50M	1.1 ^b ±0.01	15.67 ^b ±0.05	2.26 ^b ±0.08	3.80 ^a ±0.16	2.80 ^a ±0.54	73.72 ^b ±0.39
	MC60 – 40M	4.75 ^a ±0.04	16.83 ^b ±0.50	3.22 ^a ±0.09	3.21 ^a ±0.05	3.29 ^b ±0.43	68.7 ^b ±0.24
	MC70 – 30M	5.04 ^c ±0.18	16.85 ^b ±0.03	2.69 ^a ±0.036	3.34 ^a ±0.08	3.84 ^b ±0.36	68.24 ^b ±0.41
	MC80 – 20M	1.51 ^b ±0.05	16.86 ^b ±1.002	1.46 ^c ±0.05	3.77 ^a ±0.08	4.39 ^c ±0.28	71.31 ^b ±0.06

MC: Mayo Coba, M: Maíz.

*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P≤0.05.

Tabla 13. Análisis Químico Proximal de las diferentes formulaciones propuestas para la elaboración de las botanas (base seca)

HARINA	FORMULACION	PROTEINA (g/100g)	GRASA (g/100g)	CENIZAS (g/100g)	FIBRA (g/100g)	CHO'S (g/100g)
MAIZ (M) NIXTAMAL IZADO	100% MAIZ (M)	8.71 ^a ± 0.59	3.15 ^a ±0.06	3.56 ^a ±0.33	3.04 ^a ±0.05	89.21 ^a ±0.06
FRIJOL MAYO COBA (MC)	MC50 - 50M	15.84 ^b ±0.05	2.28 ^b ±0.08	3.84 ^a ±0.16	2.83 ^a ±0.54	74.53 ^b ±0.39
	MC60 – 40M	17.66 ^b ±0.50	3.38 ^a ±0.09	3.37 ^a ±0.05	3.45 ^b ±0.43	72.12 ^b ±0.24
	MC70 – 30M	17.74 ^b ±0.03	2.83 ^a ±0.036	3.51 ^a ±0.08	4.04 ^b ±0.36	71.86 ^b ±0.41
	MC80 – 20M	17.11 ^b ±1.002	1.48 ^c ±0.05	3.82 ^a ±0.08	4.45 ^c ±0.28	72.40 ^b ±0.06

MC: Mayo Coba, M: Maíz.

*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P≤0.05.

Al realizar el AQP de las botanas elaboradas con las diferentes formulaciones (Tabla 11 y 12) se observó que a mayor contenido de frijol aumentaba su contenido de proteína y en todos los casos fue casi del doble que en la muestra control (maíz 100%), así mismo se observó que el contenido de fibra aumentaba y a partir de 60% de frijol la diferencia en el porcentaje era estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) con la botana control. Otro parámetro importante fueron los carbohidratos que disminuyeron entre un 10 y 20% al aumentar el porcentaje de frijol con respecto al control. En cuanto al contenido de cenizas y grasa no hubo diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$) con respecto al control. A su vez al realizar la comparación entre ambas tablas solo se observa una diferencia significativa en el contenido de humedad esto puede deberse a factores tales como que durante el almacenamiento (en refrigeración) los frascos que contenían las harinas no estuviesen correctamente sellados y absorbieran humedad del medio y que al elaborar la botana estas se vieran afectadas, entre otras. No obstante los otros nutrimentos no presentan una variación significativa y por lo tanto, la mejor formulación no se pudo seleccionar con estos resultados, por lo que se evaluaron sensorialmente.

Se realizó una prueba sensorial de preferencia, para saber que formulación sería más aceptada. Las botanas fueron evaluadas por 100 jueces no entrenados, y la que tuvo el porcentaje más alto de aceptación fue la formulación 50-50 (Tabla 14).

4.4 Prueba sensorial de preferencia de botanas elaboradas con diferentes formulaciones

En la Tabla 14 se muestra los resultados obtenidos de la prueba sensorial de preferencia, lo cual se obtuvo al sumar los puntos otorgados a cada formulación por cada uno de los jueces para las diferentes formulaciones (Anexo 1) pudiendo determinar de forma cuantitativa cual es considerada la mejor formulación.

Tabla 14. Resultados de la prueba sensorial de preferencia realizada a las botanas elaboradas con las diferentes formulaciones.

No. JUEZ	FORMULACION 80MC-20M	FORMULACION 70MC-30M	FORMULACION 60MC-40M	FORMULACION 50MC-50M
100	216 ^a	244 ^{ab}	255 ^{bc}	285 ^c

*: Letras diferentes entre columnas indican diferencia estadística significativa. $P \leq 0.05$.

El resultado la prueba muestra que los consumidores no están familiarizados con el sabor a frijol en las botanas. Lo cual se confirma porque, la formulación menos aceptada fue la 80-20% que tenía más porcentaje de frijol y a su vez con los comentarios que otorgaron los jueces se determinó que el hecho de que contuviera mayor cantidad de frijol daba un sabor amargo, su textura no era agradable; se indicó en este caso que la botana con el mayor porcentaje de frijol era harinosa, poco crujiente e inclusive el color era ligeramente más opaco lo cual no agradaba a los consumidores, como se muestra en la Figura 9.

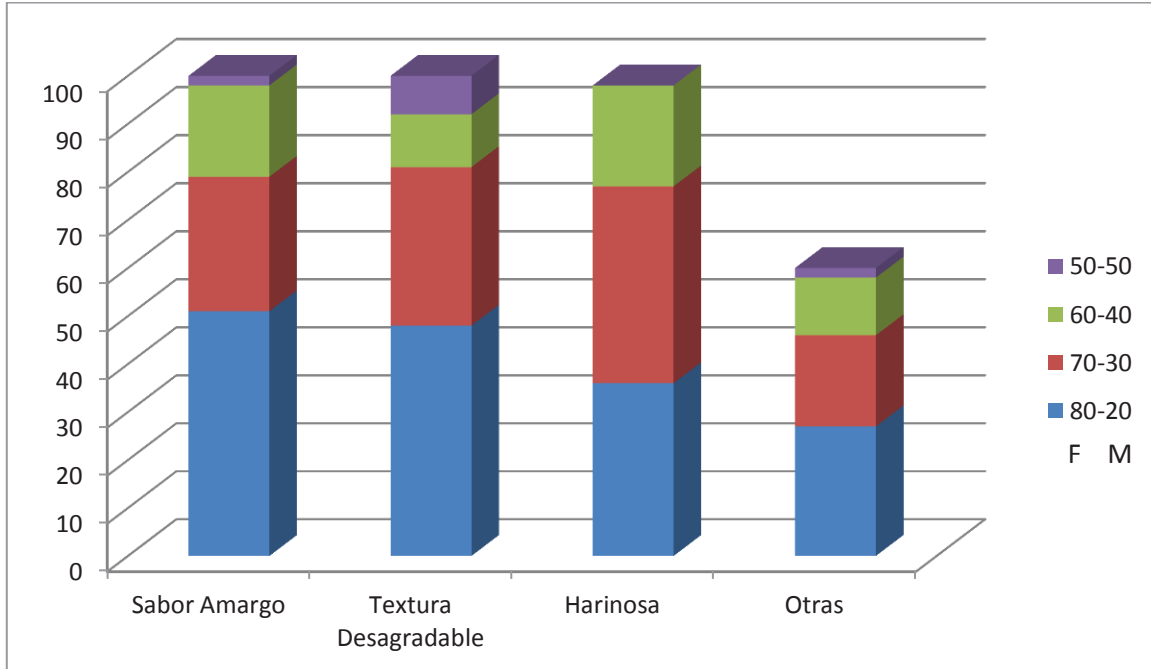


Figura 9. Características sensoriales que otorgaron los jueces a las botanas

Por lo tanto, se decidió que la mejor formulación sería la 50-50, debido a que estadísticamente las diferentes formulaciones eran iguales y en esta formulación el resultado de la prueba sensorial era más favorable se optó por la misma, la cual tiene más del doble de proteína que la botana tradicional elaborada con maíz. Lazou *et al.* (2010) destaca la importancia de las semillas de leguminosas como una alternativa de buena proteína, y otros autores mencionan que la combinación de una harina de maíz y frijol mejora las características nutrimentales (Guzmán-Maldonado, 2007; Carmona *et al.*, 2005).

Cuando hablamos de proteínas e ingesta diaria debemos tener en cuenta que sea proteína de alta calidad, es decir, que tenga los aminoácidos esenciales necesarios en buena proporción. Las proteínas animales son de mayor valor biológico que las vegetales, pero solo si atendemos a alimentos por separado (Edu-Alimentaria, 2014). En el momento en que se combinan correctamente diferentes alimentos vegetales estamos mejorando la calidad de la proteína, en este caso se combina un cereal con deficiencia proteica con una leguminosa rica en proteína lo cual complementa dicha combinación.

Una vez seleccionada la botana que agradó más al consumidor, se realizó su evaluación de la calidad nutrimental con la finalidad de determinar si además de ser agradable, ésta posee características nutrimentales mejores comparada con una botana hecha con maíz.

4.5 Digestibilidad de botana elaborada con la mejor formulación

Los resultados mostraron que la digestibilidad de los churros de maíz como los elaborados con frijol y maíz, no presentan una diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), lo cual nos indica que su digestión es similar y no presenta una gran dificultad al cuerpo para ser asimilados (Tabla 15). Ambos tienen una buena digestibilidad similar a otras leguminosas como el garbanzo (83.2) (Montoya, 2012).

Tabla 15. Resultados de la prueba de digestibilidad *in vitro*

Muestra	Digestibilidad
Churros Control (MASECA)	80.37 ± 0.91 ^{a*}
Churros (50HF-50HM)	82.07 ± 0.75 ^a

* Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P≤0.05.

4.6 Factores Anti-nutrimientales de la botana elaborada con la mejor formulación

Los churritos elaborados con la mezcla 50-50% (frijol-maíz) contiene un bajo porcentaje de factores anti nutrimientales (Tabla 16) comparados con el frijol mayocoba y es similar a los churritos elaborados con maíz. Esto puede deberse a dos factores: primero, que al retirar la testa después de la cocción del frijol va disminuyendo la presencia de los factores anti-nutrimientales como los taninos, los cuales, actúan como agentes complejadores de proteínas, son hidrosolubles de sabor áspero y amargo. La presencia de taninos en los churritos de maíz-frijol es baja debido a que el contenido es menor al 0.3% que según el Codex Alimentarius es el límite permisible para la presencia de taninos para algunos cereales y leguminosas. Segundo, al ser sometido a tratamiento térmico la harina de frijol, que es la principal responsable del contenido de factores antinutrimientales, se inhiben casi totalmente porque son sustancias termosensibles, como los inhibidores de tripsina que son sustancias de carácter proteico, que se encuentran en leguminosas. En presencia de una proteasa y un sustrato producen una notoria disminución en la velocidad de la reacción catalizada por la enzima, son considerados comúnmente como inhibidores proteolíticos y pueden provocar retardo en el crecimiento e hipertrofia pancreática (Dominguez, 2002).

Tabla 16. Resultados de la prueba factores anti-nutrimientales

MUESTRA	ACIDO FÍTICO (%)	TANINOS (%)	Inhibidores de Tripsina (UTI / mg de muestra)
CHURRITOS CONTROL (MASECA)	0.93 ±0.09 ^a	0.077 ±0.001 ^a	ND
CHURRITOS 50MC-50M	0.88 ±0.08 ^a	0.085 ±0.002 ^a	ND
FRIJOL MAYO COBA	1.07 ±0.2 ^b	0.94 ±0.02 ^b	11.825 ±0.5

MC: Mayo Coba, M: Maíz nixtamalizado MASECA, ND: No detectado

*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa P≤0.05.

También el ácido fítico, que tiene la característica de ligar minerales, proteínas y almidones reduciendo su biodisponibilidad, está en concentraciones bajas con respecto al frijol. Por lo que se puede decir que, la botana elaborada con la mejor formulación, puede consumirse sin riesgo por su concentración muy baja de factores antinutrimientales.

4.7 Perfil de aminoácidos de la botana elaborada con la mejor formulación y comercial

Los aminoácidos esenciales son aquellos que el propio organismo no puede sintetizar por sí mismo. Esto implica que la única fuente de estos aminoácidos en esos organismos es la ingesta directa a través de la dieta. Cuando un alimento contiene proteínas con todos los aminoácidos esenciales, se dice que son de alta o de buena calidad, aunque en realidad la calidad de cada uno de los aminoácidos contenidos no cambia (Badui, 2006). Los resultados del perfil de aminoácidos encontrados en la botana de churritos, elaborada con 50% de harina de maíz y frijol, se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Perfil de aminoácidos presentes en las botanas de 100% de maíz y maíz-frijol en una relación 50%-50%

AMINOACIDOS	g Aminoácidos/100g de Proteína		AMINOACIDOS	g Aminoácidos/100g de Proteína	
	BOTANA 100%MAIZ	BOTANA 50HF-50HM		BOTANA 100%MAIZ	BOTANA 50HF-50HM
AC. ASPÁRTICO	4.644 ^a	11.024 ^b	TIROSINA	2.906 ^a	3.103 ^a
AC. GLUTÁMICO	16.084 ^a	18.072 ^a	METIONINA	4.116 ^a	2.853 ^b
SERINA	2.978 ^a	4.427 ^b	VALINA	3.820 ^a	5.999 ^b
HISTIDINA	2.292 ^a	2.976 ^b	FENILALANINA	3.233 ^a	5.774 ^b
GLISINA	1.279 ^a	2.335 ^b	ISOLEUCINA	2.444 ^a	5.141 ^b
TREONINA	4.952 ^a	6.521 ^b	LEUCINA	9.641 ^a	9.820 ^a
ARGININA	3.413 ^a	5.718 ^b	LISINA	2.650 ^a	5.424 ^b
ALANINA	7.213 ^a	6.356 ^a	TRP	0.64 ^a	1.029 ^b

*Diferentes letras indican diferencia estadísticamente significativa $P \leq 0.05$.

Los aminoácidos esenciales, que deben ser provistos en la dieta diaria, porque el organismo no los sintetiza o la velocidad de síntesis es muy lenta son: treonina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina, triptófano, metionina y lisina (Badui, 2006), éstos aminoácidos se encuentran presentes en la botana de frijol y harina de maíz evaluada y se observó que su contenido es mayor al de la botana elaborada con harina de maíz, por lo tanto se puede decir que es una botana con mejor valor nutricional.

En la siguiente Tabla 18 se muestran los requerimientos diarios necesarios tanto para niños como adultos, sin embargo cabe mencionar que dichos requerimientos dependerán del estado nutricional de la persona es decir dependerá principalmente de su peso.

Tabla 18. Requerimientos diarios de aminoácidos esenciales

Requerimientos diarios de aminoácidos esenciales (mg por kilo de peso)		
	NIÑOS	ADULTOS
Histidina	-	-
Isoleucina	28	12
Leucina	42	16
Lisina	44	12
Metionina	22	10
Fenilalanina	22	16
Treonina	28	8
Triptófano	4	3
Valina	25	14

Al realizar una comparación de los aminoácidos presentes en la botana de maíz y frijol se observa que al consumir 1 porciones de aproximadamente 40g de producto (botana) puede cumplir los requerimientos diarios necesarios de los aminoácidos, lo cual es recomendable principalmente en el caso de un niño el cual llega a consumir una bolsa de botana comercial hecha a base de trigo la cual contiene 40g de producto y que a su vez no solo contiene trigo sino gran cantidad de aditivos que no son recomendables para un desarrollo óptimo de la salud, no obstante la botana de frijol y maíz es un alimento nutritivo y que a su vez contiene dos de los alimentos recomendados en una dieta básica por los nutriólogos.

4.8 Prueba sensorial de nivel de agrado de la botana elaborada con la mejor formulación

Por último, se realizó una prueba sensorial de nivel de agrado con la finalidad de ver si el consumidor aceptaba la botana propuesta, los resultados se muestran en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de la prueba sensorial de nivel de agrado realizada a la botana elaborada con 50% de harina de maíz y 50% de sólidos granulares de frijol.

No. JUEZ	Promedio de Nivel de Agrado	% de Aceptación
100	7.225	81.25

Los resultados muestran que el sabor de la botana fue aceptado por un 81.25% de los consumidores y la calificación promedio fue aceptable con un valor de casi 7.225 en el anexo 2 se muestra una tabla en la cual se indica el número de juez y la calificación otorgada por el mismo obteniendo así el promedio de nivel de agrado así como el porcentaje de aceptación.

El producto elaborado fue aceptado por el consumidor, dicha botana presentaba una coloración amarilla y un tanto opaca esto fue debido a que no es una botana frita sino una botana horneada lo cual hace que su coloración no sea brillante como la mayoría de las botanas, sin embargo visualmente era agradable para los consumidores; la coloración se debió tanto al maíz como al tipo de frijol que se usó debido a que la coloración de ambas materias primas es amarillenta y por tanto la botana adoptó el mismo color, así mismo la botana era crujiente al ser masticada por los consumidores, su sabor era tanto de maíz como de frijol destacando ligeramente en su mayoría el sabor del frijol.

En la Figura 10 se muestra algunas de las características por las cuales la botana fue seleccionada como se menciona anteriormente; como se observa la característica por la cual más destaca el agrado de la botana es por el sabor, algunos de los consumidores indicaron que el sabor a frijol no era tan notorio en dicha botana sin embargo la combinación con el maíz era agradable al paladar e inclusive indicaban que era una botana diferente a las que alguna vez habían consumido pues eran alimentos naturales y no les dejaban un resabio de algún aditivo, a su vez indicaron que el color y el crujir de la misma era agradable ya que

en tonalidad era un amarillo claro y no una coloración extravagante como muchas de las botanas que se venden hoy en día que para algunos consumidores dicha coloración no es agradable sin embargo en cuanto al aroma solo indicaban que la botana olía a tortilla recién cocinada esto se debe a que el aroma del maíz predominó sobre el del frijol.



Figura 10: Características por las cuales la botana fue de agrado al consumidor

4.9 Aporte calórico

Los carbohidratos representa el 50-60% del gasto energético total; es decir, unos 4-7 g. de glúcido por kg. de peso y día, porque un gramo de glúcido al metabolizar se producen 4 kilocalorías; los lípidos representa el 20-25% del gasto energético total; es decir, de 1-2g de grasa/ kg de peso/ día, 1 gramo de grasa produce cerca de 9 kcal; las proteínas representa aproximadamente el 10-15% del gasto total; es decir, alrededor de 1g. de proteína/ kg peso/ día, 1 gramo de proteína produce aproximadamente 4 kcal. Por tanto se determinó acorde al análisis químico proximal realizado a la botana la cantidad de calorías que aporta la misma (Figura 11)

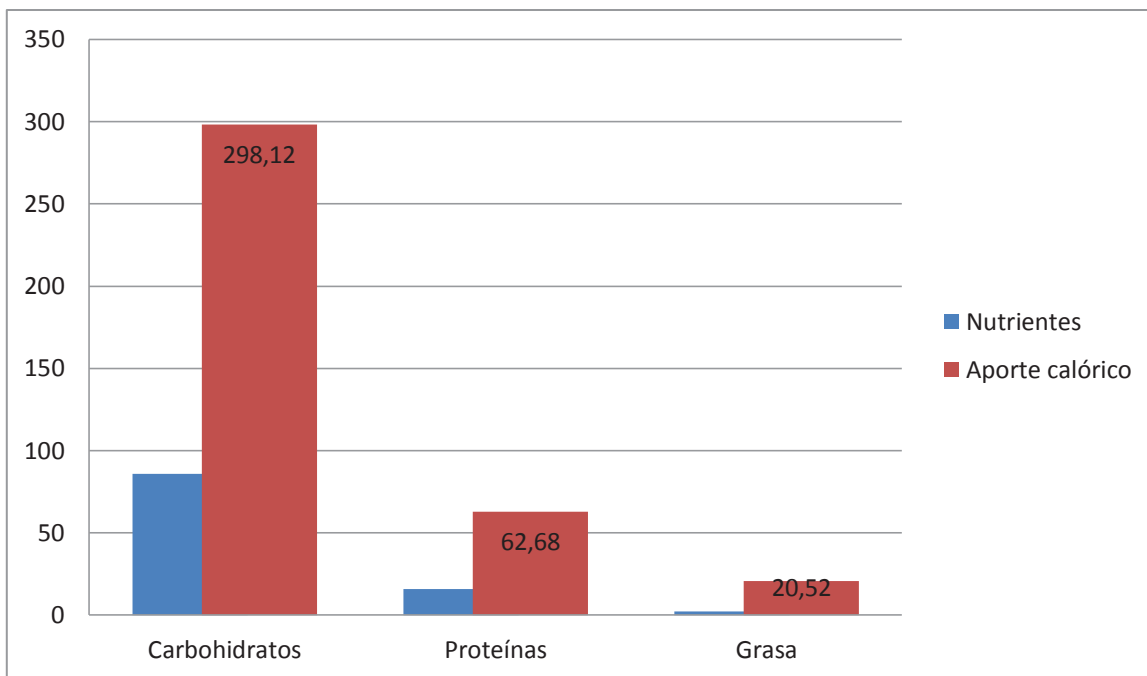


Figura 11. Aporte calórico de los principales nutrientes de la botana 50 HMN-50SF

Como se observa en la figura anterior, los carbohidratos y las proteínas otorgan el mayor aporte calórico de la botana lo cual es obtenido de la combinación de frijol y maíz, lo que permite determinar que la botana tiene un aporte calórico mayor debido a dicha combinación, en la Tabla 20 se observa el aporte calórico total de la botana así como el aporte calórico del frijol y del maíz. Esto nos permite determinar que el consumir dicha botana da un mayor aporte calórico que el consumir dichos alimentos por separado.

Tabla 20. Aporte calórico de los alimentos

Aporte calórico de los alimentos	
Alimento	Aporte calórico total (kcal)
100g de maíz	193.82
100g de frijol	77.73
100g de botana 50HMN-50SF	381.36245

Fuente: FAO, 2012

5 Conclusiones

- Se determinó que los sólidos granulares de frijol poseen una composición química mejor que la harina de maíz principalmente en su contenido de proteínas.
- Al realizarse diferentes formulaciones se encontró que con todas ellas se pudo elaborar botanas y entre mayor contenido de frijol tenían el contenido proteico que existía no variaba significativamente así como el contenido de fibra
- Después de realizar el análisis químico proximal y una prueba sensorial de preferencia a las diferentes formulaciones se escogió como la mejor a la que contenía 50 porciento de sólidos granulares de frijol y 50 porciento de harina de maíz.
- La calidad nutrimental de la botana elaborada con 50 porciento de sólidos granulares de frijol y 50 porciento de harina de maíz seleccionada como la mejor fue mayor que una elaborada solo con maíz.
- Las características sensoriales de la botana 50 porciento de sólidos granulares de frijol y 50 porciento de harina de maíz permitió que ésta fuese seleccionada como la mejor, ya que en cuanto al contenido nutrimental éste no presentaba una diferencia significativa.
- La botana seleccionada como la mejor fue aceptado por casi un 82% de los consumidores y la calificación promedio que le dieron fue de 7.225.
- La botana seleccionada presenta un mayor aporte calórico que el consumir el frijol y el maíz de forma independiente.

6 Recomendaciones

- ✓ Se puede realizar un estudio para adicionar un saborizante a la botana elaborada en este trabajo (limón, chile) para que el producto sea más atractivo para los niños.
- ✓ Se puede realizar un estudio de factibilidad financiera para determinar si el producto presenta viabilidad económica y desarrollar un plan de negocios y determinar si el producto permite el desarrollo de un negocio a futuro

ANEXOS

ANEXO 1

En la siguiente tabla se muestra la selección realizada por los jueces ante la prueba de preferencia, a los cuales se les dió a probar las diferentes botanas sin que se les indicará cuál de ellas contenía mayor o menor porcentaje de frijol, se les entregó los vasos con la clave seleccionada para cada botana.

# Juez	CLAVE			
	710	711	712	714
1	4	3	2	1
2	3	2	1	4
3	4	1	2	3
4	2	4	1	3
5	2	4	1	3
6	1	2	3	4
7	1	2	3	4
8	4	3	1	2
9	4	3	1	2
10	3	4	1	2
11	2	4	1	3
12	2	4	3	1
13	1	2	4	3
14	1	2	3	4
15	1	2	3	4
16	2	3	4	1
17	3	2	1	4
18	3	2	1	4
19	3	1	2	4
20	3	1	2	4
21	4	2	1	3
22	2	3	1	4
23	1	4	3	2
24	2	1	4	3
25	2	1	4	3
26	2	1	3	4
27	2	1	3	4
28	3	2	1	4
29	4	2	1	3
30	4	2	1	3
31	4	3	2	1
32	3	2	4	1

33	3	1	2	4
34	3	1	2	4
35	2	1	3	4
36	2	3	4	1
37	1	3	4	2
38	4	2	1	3
39	3	2	1	4
40	3	1	2	4
41	1	2	3	4
42	1	2	3	4
43	1	2	3	4
44	1	2	3	4
45	2	1	4	3
46	2	1	3	4
47	2	1	3	4
48	2	3	4	1
49	2	3	1	4
50	2	3	1	4
51	3	4	1	2
52	1	2	3	4
53	1	2	3	4
54	2	1	3	4
55	2	1	3	4
56	1	2	3	4
57	3	2	4	1
58	3	2	1	4
59	2	1	4	3
60	2	1	4	3
61	2	1	4	3
62	2	1	3	4
63	1	3	2	4
64	1	2	4	3
65	2	4	3	1
66	3	1	4	2
67	3	1	2	4
68	3	1	4	2
69	2	3	1	4
70	1	2	3	4
71	2	3	4	1
72	2	3	1	4
73	3	4	2	1
74	3	4	1	2
75	2	3	1	4
76	2	3	4	1
77	2	4	1	3
78	3	4	2	1
79	3	4	2	1
80	2	3	1	4
81	2	4	3	1

82	2	4	1	3
83	1	4	3	2
84	2	4	3	1
85	1	3	4	2
86	2	1	4	3
87	2	1	4	3
88	1	3	4	2
89	1	3	4	2
90	3	2	4	1
91	4	3	2	1
92	2	4	3	1
93	2	4	3	1
94	1	3	2	4
95	1	3	4	2
96	1	4	3	2
97	1	4	3	2
98	1	4	3	2
99	1	2	4	3
100	2	3	1	4
TOTAL	216	244	255	285

ANEXO 2

En la siguiente tabla se muestra la selección realizada por los jueces ante la prueba de nivel de agrado, a los cuales se les dio a probar la botana elaborada a base de 50 por ciento de harina de maíz nixtamalizado y 50 por ciento de sólidos granulares de frijol para que seleccionaran el puntaje que consideraban adecuado para su aceptación o negación de la botana en una escala de 0 a 10.

#Juez	Calif	#Juez	Calif	#Juez	Calif
1	10	36	8	71	6.5
2	10	37	8	72	6
3	10	38	8	73	6
4	10	39	8	74	6
5	10	40	8	75	6
6	10	41	7.5	76	6
7	10	42	7.5	77	6
8	10	43	7.5	78	6
9	10	44	7.5	79	6
10	10	45	7.5	80	6
11	9.5	46	7.5	81	6
12	9.5	47	7.5	82	6
13	9.5	48	7.5	83	6
14	9.5	49	7.5	84	5.5
15	9.5	50	7	85	5.5
16	9.5	51	7	86	5.5
17	9	52	7	87	5.5
18	9	53	7	88	5.5
19	9	54	7	89	5.5
20	9	55	7	90	5.5
21	9	56	7	91	5
22	9	57	7	92	5
23	9	58	7	93	5
24	8.5	59	7	94	5
25	8.5	60	6.5	95	4
26	8.5	61	6.5	96	4
27	8.5	62	6.5	97	2.5
28	8.5	63	6.5	98	2.5
29	8.5	64	6.5	99	2.5
30	8	65	6.5	100	2
31	8	66	6.5		
32	8	67	6.5	Σ	722.5
33	8	68	6.5		
34	8	69	6.5	x̄	7.225
35	8	70	6.5		
				% Aceptación	81.25

REFERENCIAS

AOAC (1990). Official Methods of Analysis. Asociation Official Analytical Chemistry. Ratio calculation. Method first action G-982-30 pp. 1096 y 1097

AOAC (2005). Official Methods of Analysis. Asociation Official Analytical Chemistry. Eds Howitz W., Washington.

Aparicio-Fernández, X., Yousef, G. G., Loarca-Piña, G., De Mejía, E. and Lila, M. A. (2005). Characterization of Polyphenolics in the Seed Coat of Black Jamapa Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agric. Food Chem., 53: 4615-4622.

Araga R. Tejos, (1996). Rendimiento y composición química de nuevas gramíneas. Rev. Unellez Ciencia y Tecnología, 15(1): 36-56.

Arias, C. (1993). Oficial Regional de Servicios Agrícolas. Manual de manejo de poscosecha de granos de nivel rural. Composición química del grano del frijol común. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.

Astiasarán I. y Martínez J. A. (2002). "Alimentos: Composición y propiedades". Editorial. McGraw-Hill Interamericana, Primera Edición, España, 2:310-315.

Badui, Dergal S. (2006), Química de los alimentos Ed, Pearson Addison Weasley, Cuarta Edición, México, 3: 119-178.

Bello-Pérez L. A., Islas Hernández J.J., Rendón-Villalobos J., Agama-Acevedo E., Morales-Franco L. and Tovar J. (2009). In vitro starch digestability of fresh and sun dried faba beans (*Vicia faba* L.). Journal. Science. Food Agriculture., 87: 1517-1522.

Bello-Pérez L. A. y Paredes-López O. (2009). Starches of some food Crops, Changes During Processing and Their Nutraceutical Potencial. Food Engineer. Rev. 1, 50-65. DOI 10.1007/5 12393-009-9004-6

Benton, D.; Arhaliass, A y Bouvier, J. M. (1956). “Die design and dough expansion in low moisture extrusion cooking process”. Journal of Food Engineering, 29(2): 139-152.

Benton D.A, Harper A,E y Elvehjem (1955) Effect of isoleucine supplementation on the growth of rats fed zein or corn diets. Arch. Biochem. Biophys., 57: 13-19

Bourdon, M.J, Castellanos, J. Z., Guzmán, M. S. H. Prado, O. M. J. 2001. Effect of hard shell in cooking time of common beans in the semiarid highlands of Mexico. Bean Improve. Pp. 103-105.

Bressani R. y Elias L. G. (1974). The nutritional role of polyphenols in beans. In polyphenols in cereal and legumes, Hulse, J.H., Ed., The Intern. Develop. Res. Centre, Ottawa, Canada, p. 61.

Carmona, G. R., Osorio, D. P., Agama, A. E., Tovar, J., Bello, P. L. A. (2005). Composition and effect of soaking on starch digestibility of Phaseolus vulgaris L. cv ‘Mayocoba’. International Journal of Food Science and Technology. Pp. 296–302.

Caskey C.D y Knapp . F. (1944) Method for determining in-adequately heated soybean meal. Ind. Eng. Chem (Anal Ed.) 16: 640-641

Chen Q Liu,(2004). The impact of annealing and heat treatments on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. Carbohydrat polymers 75: 436-447.

CIMMYT, 2003 (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015. Disponible en <http://www.cimmyt.org/es/que-hacemos/investigacion-sobre-maiz>

Codex Alimentarius Committee, 1997, International Recommended Code of Practice – General Principles of Food Hygiene (CAC/RCP 1-1969, Rev.3 1997)

D'Mello J.P.F.(1995) Underexploited tropical feedingstuffs for poultry. World Review An. Prod., 23:38-43.1987

Dominguez, M.H. (2002). "Development of a food of intermediate moistness from extractsof corn and soybean". Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 35(2):306-314

Dzudie, T. and Hardy, J. (1996). Physicochemical and Functional Properties of Flours Prepared from Common Beans and Green Mung Beans. Journal. Agriculture Food Chemistry., 44: 3029-3032.

Earle, W.B. Jr. Dillen, W., Engler, G., Montagu, M.V. and Angenon, G. (1946). World Soybean Research. Interstate Printers and Publisher Inc., Danville, Illinois.

Edu-Alimentaria, 2014. Fecha de consulta: 7 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.edualimentaria.com/cereales-y-derivados-composicion-y-propiedades>

Elias, L.G.; García-Soto, A.; Bressani I, R. (1986). Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol. Inst. de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala, C.A. 41 p.

ENSANUT, 2012. Fecha de consulta: 7 de mayo de 2015. Disponible en: <http://ensanut.insp.mx/>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2012). Fecha de consulta: Disponible en: <http://www.fao.org/copr/topics/es>

FAO/OMS, 1998: *Determinación de pruebas nutrimentales a los alimentos*. Ginebra (Suiza), Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas/Organización Mundial de la Salud (serie Evaluación de nutrimentos de los alimentos, N.º 5). Disponible en: <http://www.who.int/analizatio/publications/food/en/spanish.pdf>.

Financiera Rural, 2011, Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015. Disponible en: [http://www.financierarural.gob.mx/Transparencia/MEZCLA%20DE%20RECURSO S.pdf](http://www.financierarural.gob.mx/Transparencia/MEZCLA%20DE%20RECURSO%20S.pdf)

Frey B. L. (1951). "Evaluación nutrimental de la proteína del grano de seis cultivares de maíz (Zea mays L.)". Revista Facultad de Agronomía. 15:225-234.

Gontzea, I., and Sutzescu, P., 1968, Natural Antinutritive Substances in Foodstuffs and Forages, S. Karger, New York.

Guzmán-Maldonado, R. M. (2002). Changes in anti-nutrients, protein solubility, digestibility and HCl-extractability of ash and phosphorus in vegetable peas as affected by cooking methods. *Food Chemistry*, 77: 187–192.

Guzmán-Maldonado, S. H. (2007). Cualidades nutraceuticas del frijol, INIFAP. 2da Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal.

Halvorsen, B.L., Holte, K., Myhrstad, M.C., Barikmo I., Hvattum, E., Remberg, S. F., Wold, A. B., Haffner, K., Baugerod, H., Andersen, L. F., Moskaug, O., Jacobs, D. R., Jr. and Blomhoff, R. A. (2002). systematic screening of total antioxidants in dietary plants. *J. Nutr.*, 132: 461-471

Han, J., Janz, J. A. M. and Gerlat, M. (2010). Development of gluten cracker snacks using pulse flours and fractions. *Food Research International.*, 43: 627-633.

Hernández, M., Chávez, A. y Bourges, H. 1996. Valor Nutritivo de los Alimentos Mexicanos. 9a ed. México. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Publicaciones de la división de nutrición. p. 89.

Hernot, D. C., Boileau, T. W., Bauer, L. L., Swanson, K. S. and Fahey, G. C. Jr. (2008). In vitro digestión characteristics of unprocessed and processed whole grains and their components. *Journal. Agriculture. Food Chemistry.*, 56: 10721-10726.

Haug; W y Lantzsch H.J (1983). Sensitive method for the rapid determination of phytate in cereals and products. *Journal. Science. Food Agriculture.* 34: 14232-14261

Herrera, G. N, (2002.) Physical properties of extruded products from three mexican common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Plant Foods Hum Nutr.* Pp. 1-6.

Huang, D., Ou, B. and Prior, R. L. (2005). The Chemistry Behind Antioxidant Capacity Assays. *Journal. Agriculture. Food Chemistry.*, 53: 1841 – 1856.

Huisman J.K, Elkowickz, K. and F.W. Sosulski(1990). Antinutritive factors in eleven legumes and their air-classified protein and starch fractions. Journal. Food Science., 47:1301-1304. 1982.

Huisman, J. and G.H. Tolman. 1992. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for nonruminants. In: Recent Advances in Animal Nutrition. Garnsworthy, P.C., H. Haresing and D.J.A. Cole (Eds.). Butterworth Heinemann. U.K. pp 3-31.

Hsu, H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L. D. and Miller, G. A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. Journal Food Science, 42(5): pag 1269.

INEGI 2011, (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Fecha de consulta: 13 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/>

ISO. 1988. Norma internacional para la determinación de taninos. Número 9648. Fecha de consulta: 25 de mayo de 2015 Disponible en: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=17487

Kadake, M., Rackis, J.; Puski G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: a collaborative analysis of an improved procedure. Cereal Chem. 51: 376-382

Lazou J.M, Quintero-Jiménez A, Espinosa-Huerta E, Acosta-Gallegos JA, Guzmán-Maldonado HS, Mora-Avilés MA. (2010). Método Eficiente de Regeneración in vitro de Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.). Agrociencia 44: 57-64.

Maldonado D.D. (2010). Food Chemistry: A laboratory manual. Wiley, John and sons incorporated. Edtition 1.

Matsui, T. Wilhelms Gut J.A, de Oliveira P.V y Tadini , C.C (2002). Anti-hyperglycemic effect of diacylated anthocyanin derived from Ipomoea batatas cultivar Ayamursaki can be achieved through the α -glucosidasa inhibitory action. Jorunal Agriculture Chemistry Society, 50, 7244.

Milán-Carrillo, J., Gutiérrez Dorado, R., Cuevas-Rodríguez, E. O., Garzón Tiznado J. A. y Reyes Moreno C. (2004). Nixtamalized Flour From Quality Protein Maize (*Zea Mays L.*) Optimization of Alkaline Processing. *Plant Foods For Human Nutrition*. 59: 35-44.

Montoya N.C (2012). Efecto de la extrusión sobre la actividad de factores anitnutricionales y digestibilidad in vitro de proteínas y almidón en harinas Latin nutricional., 53: 290-298.

Moreno R. H (1996) Antioxidant activity of grains. *Journal Agriculture Food Chemistry*., 50: 6187-6

Mirov, N.T, (1967). "Legumes and soybeans: overview of their nutritional profile and health effects". *American Journal of Clinical Nutrition*. 70: 439-450.

Orr, M. L., y B. K. Watt (1957) Aminoacid content of foods. Home Economics Research Report No. 4, U. S Department of Agriculture.

Okezi, B. O. and Bello, A. B. (1988). Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with isolate. *Journal of Food Science*, 53, 450-454

Paredes-López, O., Guevara-Lara, F. and Bello-Pérez, L. A. (2006). Los Alimentos Magicos de las Culturas Indígenas Mesoamericanas. Fondo de cultura económica.

Pedrero D., Pangborn R.M (1989). Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos, Alhambra Mexicana S.A de C.V. 12: 125-128

Primo Yúfera, E. (1997). Química de los alimentos. Mc Graw Hill, Madrid, 3: 108-110

PROY-NOM-216-SSA1-2002, Proyecto de Norma Oficial Mexicana, Productos y Servicios. Botanas. Especificaciones Sanitarias, Diario Oficial de la Federación. Fecha de consulta: 30 de abril de 2015. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ssa1/ssa1216p-03c.pdf>

Rama Roa, M.V; Tara, M.R; Krishnan, C.K(1974) Colorimetric estimation of tryptophan content of pulses. Journal. Food Science. and Technology (Mysore), 11: 213-216

Revista del Consumidor, 2010. "Snacking" Fecha de consulta: 29 de abril de 2015. Disponible en: <http://revistadelconsumidor.gob.mx/?tag=botanas&paged=3>

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

SAGARPA, 2012 (Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) Fecha de consulta: 29 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/ProgramasSAGARPA/2012/protrans/apoyoalacadenaproductiva/Paginas/Descripci%C3%B3n.aspx>

SIAP, 2011 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Fecha de consulta: 7 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/maiz-grano/>

SIAP, 2014 (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Fecha de consulta: 19 de mayo de 2015. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/maiz-grano/>

Singh S., Gamlath S. and Wakeling L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: a review. International Journal of food science and technology, 42: 916-929.

Smith Clifford, Megan Van Wim, and Htichcock Christopher (1980), The determination of trypsin inhibitor levels in foodstuffs Journal of food science of food and agriculture 3 (4): 341-350

Tacon R. D. (1990). Breeding for micronutrients in staple food crops from a human nutrition perspective. Journal of Experimental Botany, 55: 350- 364.

Tacon, A.G.J. y Jackson, A.J. (1985). Utilization of conventional and unconventional protein sources in practical feeds. In: Nutrition and Feeding (C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell, Eds.). Academic Press, London. pp. 119–145.

Vázquez-Ortiz F.A; Caire G.; Huiguera-Ciapara I. and Hernández, G. (1995) High Performance Liquid Chromatographic. Determination of Free Amino Acids in Shrimp. *Journal Liquid Chromatic* 18 (19):2059-2068.

Watson, S.A. Rodriguez, V.; Pellegrino, N.; Valencia, M. (1987). "Structure and composition". En: *Corn: Chemistry and Technology*. S.A.Watson and P.E. Ramstad, eds. AACCC. St. Paul, Minnesota, USA. Pp. 53-82.

White P. J and Xing Y. (1997). Antioxidants from cereals and legumes. In: Shahidi F, editor. *Natural antioxidants, chemistry, health effects, and applications*. Champaign, Ill.: AOCS Press. p 25-63.