



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO

FACULTAD DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE POSGRADO EN ALIMENTOS DEL CENTRO  
DE LA REPÚBLICA (PROPAC)

**“Desarrollo, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana horneada a partir de harina de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido”**

## TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:

Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Presenta:**

I.A Mardey Liceth Cuellar Núñez

**Dirigido por:**

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

Querétaro-México, Diciembre, 2014



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Química  
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**“Desarrollo, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana horneada a partir de harina de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido”**

### TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de:  
Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Presenta:**

I.AL. Mardey Liceth Cuellar Núñez

**Dirigido por:**

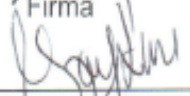
Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña

### SINODALES

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña  
Presidente

  
Firma

Dra. Marcela Gaytán Martínez  
Secretario

  
Firma

Dr. Ricardo Ernesto Preciado Ortiz  
Vocal


  
Firma

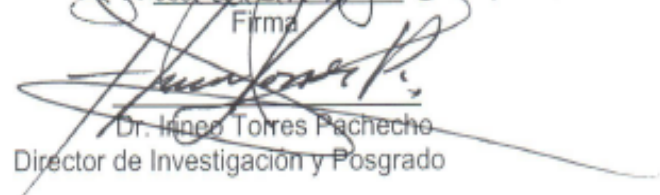
Dra. Sandra Mendoza Díaz  
Suplente

  
Firma

Dr. Juan de Dios Figueroa Cárdenas  
Suplente

  
Firma

  
M.S.P Sergio Pacheco Hernández  
Director de la Facultad

  
Dr. Inés Torres Pacheco  
Director de Investigación y Posgrado

Centro Universitario  
Querétaro, Qro. México  
Diciembre de 2014

## RESUMEN

En los últimos años, la incidencia de enfermedades no transmisibles y las tendencias mundiales de la alimentación indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a la salud. El objetivo del presente estudio fue desarrollar y evaluar nutrimental y nutracéuticamente una botana horneada de harina de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido. Se evaluaron dos proporciones maíz/frijol (70/30 y 80/20), otra de 100% harina de maíz nixtamalizado y una botana comercial de maíz nixtamalizado. La evaluación nutrimental y nutracéutica de las harinas de maíz/frijol y botanas, fueron llevadas a cabo mediante la determinación de: análisis proximales, compuestos bioactivos (fenólicos, fibra dietaria y almidón resistente (AR)), capacidad antioxidante y propiedades funcionales (textura, actividad de agua y color). La botana derivada de la mezcla 70% harina de maíz nixtamalizado y 30% harina de frijol (B70/30) presentó el mayor contenido de compuestos fenólicos (fenoles totales:  $0.17 \pm 0.01$  mg eq. de ác. ferúlico/g muestra; taninos condensados:  $6.52 \pm 0.10$  mg eq. de (+)-catequina/g muestra; flavonoides totales:  $0.07$  mg eq. de rutina/g muestra) respecto a la botana de maíz y la comercial. La capacidad antioxidante no presentó diferencias significativa ( $\alpha=0.05$ ) entre las botanas elaboradas de maíz/frijol, aún así la mayor capacidad antioxidante fue la B70/30 ( $2.63 \pm 0.10$   $\mu$ mol eq. trolox/g muestra). El contenido de fibra aumento entre un 40 y 50 % más que botanas elaboradas de solo maíz. Se llevaron a cabo análisis sensoriales donde la botana 70/30 tuvo una preferencia del 44%. Finalmente, la adición de frijol común en botanas incrementa el contenido de compuestos fenólicos, así como la capacidad antioxidante de éstas, proporcionando una excelente opción en el desarrollo de botanas saludables.

**Palabras clave:** botana, harina, maíz, frijol común, compuestos bioactivos, capacidad antioxidante.

## ABSTRACT

In the last years, the incidence of non-transmissible diseases and global feeds trends indicate an increased interest from consumers to some foods that, besides nutritive value can give health benefits. The main purpose of this study was to evaluate the nutritive and nutraceutical of baked nixtamalized corn (*Zea mays L.*) and cooked common bean (*Phaseolus vulgaris L.*) flour snack. Two maize/bean rates (70/30 and 80/20), other 100% nixtamalized corn flour only, and a commercial nixtamalized corn snack were evaluated. Both nutrimental and nutraceutical evaluation of corn/bean flour and snack, were carried out by determination of: proximal analysis, bioactive compounds (phenolics, dietary fiber and resistant starch (RS)), antioxidant capability and functional properties (texture, water activity and color). The 70/30-rate snack showed the highest content of phenolic compounds (total phenolic compounds:  $0.17 \pm 0.01$  mg. eq. ferulic Acid/g sample; condensed tannins:  $6.52 \pm 0.10$  mg. eq. of (+)-catechin/g sample; total flavonoids: 0.07 g routine /g sample) regarded to control and commercial snack. The antioxidant activity didn't show meaningful differences ( $\alpha=0.05$ ) between both maize/corn snacks, even so the B70/30 rate presented the highest ( $2.63 \pm 0.10$  trolox eq.  $\mu\text{mol/g}$ . sample). The fiber content was in the range between 40 and 50% more than just maize snacks. Sensorial analyses were carried out, where the 70/30 rate snacks had a 44% preference value. Finally, common bean adding on snack increase also the phenolic compounds content and their antioxidant capability, profiling this product as an alternative choice on healthy snacks development.

**KEY WORDS:** Snack, flour, corn, common bean, bioactive compounds, antioxidant capacity.

## DEDICATORIA

*A mis queridos padres, Pedro y Marleny  
quienes me han apoyado siempre,  
y han creído en mis capacidades  
para llevar a cabo cada una de mis metas.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico brindado durante todo este trayecto.

A la Dra. Ma. Guadalupe Loarca Piña, por brindarme sus conocimientos, y darme la oportunidad de pertenecer a su laboratorio.

A cada uno de mis sinodales, por sus aportes al proyecto. A la Dra. Marcela Gaytán por cada valiosa contribución para la realización del proyecto.

A la Dra. Sandra Mendoza Díaz, por sus aportaciones y valiosos consejos durante sus clases y desarrollo del trabajo.

Al Dr. Juan de Dios y al personal del CINVESTAV, Juan Velés, por su ayuda en el procesamiento de la materia prima empleada.

Al Dr. Ricardo Ernesto Preciado Ortiz y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío, por la donación de la materia prima.

A todos mis compañeros de laboratorio por su apoyo e inmensa amistad, gracias por hacerme sentir en familia y por el bullying cada vez que decía palabras colombianas.

A todos mis compañeros de posgrado, porque son personas maravillosas y aprendí mucho de cada uno de ellos.

## ÍNDICE GENERAL

Página

<b>RESUMEN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	<b>3</b>
II.1 Generalidades del Maíz .....	3
II.1.1 Composición química .....	3
II.1.2 Compuestos bioactivos .....	5
II.1.2.1 Compuestos fenólicos .....	5
II.1.2.2 Carotenoides .....	6
II.1.2.3 Antocianinas .....	7
II.1.2.4 Almidón resistente .....	8
II.2 Generalidades del frijol .....	9
II.2.1 Composición química y valor nutrimental .....	9
II.2.2 Compuestos bioactivos .....	11
II.2.2.1 Compuestos fenólicos .....	12
II.2.2.2 Fibra dietética .....	14

II.2.2.3 Almidón resistente.....	16
II.3 Nixtamalización.....	16
II.4 Botanas.....	17
II.4.1 Tratamientos térmicos de deshidratación de botanas.....	19
<b>III. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>22</b>
IV.1 Objetivo general.....	22
IV.2 Objetivos específicos.....	22
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
V.1 Reactivos.....	23
V.2 Materia prima.....	23
V.2.1 Caracterización inicial de la materia prima .....	23
V.2.1.1 Índice de flotación .....	23
V.2.1.2 Peso de los 1000 granos .....	24
V.2.2 Acondicionamiento de la materia prima .....	24
V.2.2.1 Harina de maíz.....	24
V.2.2.2 Harina de frijol.....	25
V.2.3 Distribución de tamaño de partícula de las harinas. ....	25
V.3 Elaboración de la botana.....	25
V.3.1 Horneado de la botana.....	26
V.4 Análisis de harinas y botanas.....	28
V.4.1 Análisis proximal .....	28
V.4.1.1 Determinación de humedad (Método 925.09B).....	28
V.4.1.2 Determinación de proteínas (Método 954.01) .....	28
V.4.1.3 Determinación del extracto etéreo (Método 920.39).....	29



V.4.1.4	Determinación de cenizas (Método 923.03) .....	29
V.4.2	Compuestos bioactivos .....	30
V.4.2.1	Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos .....	30
V.4.2.2	Fibra total dietaria .....	31
V.4.2.3	Determinación de almidón resistente.....	32
V.4.3	Determinación de capacidad antioxidante .....	33
V.4.3.1	Método DPPH.....	33
V.4.3.2	Método ABTS.....	33
V.4.4	Determinación de propiedades funcionales y calidad en botanas .....	34
V.4.4.1	Textura.....	34
V.4.4.2	Color .....	34
V.4.4.3	Actividad de Agua .....	34
V.5	Análisis sensorial.....	35
V.6	Análisis estadístico .....	37
<b>VI.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
VI.1	Caracterización física de la materia prima.....	38
VI.1.1	Índice de flotación y peso de 1000 granos.....	38
VI.1.2	Distribución de tamaño de partícula.....	39
VI.2	Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en materia prima y harinas.....	40
VI.3	Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en botanas de maíz/frijol y solo maíz.....	42
VI.4	Potencial nutracéutico .....	44
VI.4.1	Contenido de compuestos fenólicos en materia prima y harinas.....	44

VI.4.2	Contenido de compuestos fenólicos en botanas de maíz/frijol y solo maíz.....	46
VI.4.3	Capacidad antioxidante en materia prima, harinas y botanas. ....	50
VI.4.4	Contenido de fibra dietaria y almidón resistente .....	52
VI.5	Propiedades funcionales y de calidad en botanas .....	54
VI.5.1	Actividad de agua, humedad y textura.....	54
VI.5.2	Color.....	56
VI.6	Estudio sensorial .....	57
VI.6.1	Primera evaluación sensorial .....	57
VI.6.1.1	Prueba hedónica de agrado.....	57
VI.6.1.2	Prueba de preferencia .....	61
VI.6.2	Segunda evaluación sensorial .....	62
VI.6.2.1	Prueba hedónica de agrado.....	62
VI.6.2.2	Prueba de preferencia .....	66
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>68</b>
<b>VIII.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>69</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Composición química del maíz (%). .....	3
2. Composición química y nutrimental del frijol común ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	10
3. Índice de flotación y peso de 1000 granos. ....	38
4. Índice de dureza para grano y tiempos de nixtamalización.....	38
5. Distribución de tamaño de partícula para las harinas de maíz nixtamalizado y frijol común cocido. ....	39
6. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos de materia prima y mezclas de harinas de maíz y frijol.....	40
7. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en botanas de maíz /frijol y solo maíz. ....	42
8. Contenido de taninos condensados, fenoles totales y flavonoides totales en granos, harinas y sus mezclas. ....	44
9. Capacidad antioxidante en granos, harinas y sus mezclas.....	50
10. Capacidad antioxidante en botanas de maíz/frijol y solo maíz.....	51
11. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y almidón resistente en materia prima.....	52
12. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y almidón resistente en botanas elaboradas de maíz/frijol y solo maíz. ....	53
13. Contenido de la actividad de agua y textura (fuerza de compresión) en botanas.....	55
14. Parámetros de color evaluados en botanas elaboradas de harinas de maíz/frijol y solo maíz. ....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Corte longitudinal y transversal del grano de maíz .....	4
2. Diagrama de flujo elaboración de la botana .....	27
3. Formato empleado para la prueba sensorial de preferencia.....	36
4. Formato empleado para la prueba sensorial de agrado.....	36
5. Contenido de taninos condensados en botanas maíz/frijol y solo maíz.....	47
6. Contenido de flavonoides totales en botanas de maíz/frijol y solo maíz.....	48
7. Contenido de fenoles totales en botanas de maíz/frijol y solo maíz.....	49
8. Frecuencia del nivel de agrado para la variable olor (en proporción) .....	58
9. Frecuencia del nivel de agrado para la variable color (en proporción).....	59
10. Frecuencia del nivel de agrado para la variable sabor (en proporción) .....	60
11. Frecuencia del nivel de agrado para la variable textura (en proporción) .....	60
12. Frecuencia del nivel de agrado para la variable agrado global (en proporción)	61
13. Frecuencia del nivel de preferencia (en proporción) .....	62
14. Frecuencia del nivel de agrado para la variable olor (en proporción) .....	63
15. Frecuencia del nivel de agrado para la variable color (en proporción).....	64
16. Frecuencia del nivel de agrado para la variable sabor (en proporción) .....	65
17. Frecuencia del nivel de agrado para la variable textura (en proporción) .....	65
18. Frecuencia del nivel de agrado para la variable agrado global .....	66
19. Frecuencia del nivel de preferencia (en proporción) .....	67

## I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importantes en la nutrición de grandes grupos poblacionales de América Latina, en particular de México y Centroamérica. Hoy en día el consumo de cereales como éste, aporta importantes nutrientes lo que hace relevante la ingesta del mismo en la mayoría de la población. Otro alimento importante en la dieta, es el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), esta leguminosa de gran consumo nacional como internacional, se destaca por su enorme potencial nutracéutico, asociado principalmente a la disminución de enfermedades crónico-degenerativas, como el sobrepeso, obesidad, diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, entre otras.

Para la elaboración de algunos tipos de alimentos a base de maíz, se requieren procesos de transformación como la cocción por nixtamalización o extrusión. La tecnología de la nixtamalización, involucra un tratamiento térmico alcalino, periodos de remojo y acción de molienda (Rodríguez *et al.*, 2008) al cual se somete el maíz. Estos tratamientos inducen cambios en la estructura del grano, en su composición química, en sus propiedades de funcionalidad y en valor nutritivo, el resultado de este proceso da como producto central la harina o su conversión en masa, de los cuales la tortilla o botanas son las formas principales.

En los últimos años, el consumo de botanas principalmente derivadas de maíz, como totopos o tostadas ha tenido un incremento significativo. A pesar de ello, son consideradas de bajo valor nutrimental. Uno de los principales problemas, son los cambios fisicoquímicos y nutrimentales que sufren durante su proceso de transformación, sin dejar a lado la deficiencia que presenta el maíz en cuanto a su contenido de aminoácidos como lisina y triptófano. Por otra parte, son consideradas como riesgosas para la salud, pues la mayoría poseen un alto contenido calórico, ya que son sometidos a procesos de fritura.

Debido a la alta demanda mundial de botanas, se hace relevante proporcionar una botana que cumpla con características nutrimentales y nutraceuticas que sean benéficas a la salud, por lo que últimamente se ha estudiado la derivación de productos a partir de la combinación entre harinas de maíz y frijol. Esta mezcla de gran complementación ha tomado gran relevancia, ya que el frijol se destaca por su mayor contenido de proteína, así como por el aporte de compuestos bioactivos (polisacáridos, compuestos fenólicos, oligosacáridos, entre otros), consiguiendo generar con ello una botana más saludable. En base al alto contenido calórico que presentan la mayoría de botanas fritas, se ha considerado como alternativa de deshidratación métodos de cocción por medio de calor seco, tales como el horneado. Por lo que el objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar nutrimental y nutraceuticamente una botana horneada a partir de harinas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido.

## II. ANTECEDENTES

### II.1 Generalidades del Maíz

El Maíz (*Zea Mays* L.), constituye uno de los alimentos más importante en la dieta humana, aporta numerosos elementos nutritivos y materiales energéticos. En la alimentación nacional, el maíz es de primer orden de importancia, ya que representa casi la mitad del volumen total de alimentos que se consumen. En la actualidad el maíz sigue siendo muy importante en muchos países debido a que forma parte de sus hábitos alimenticios y en otros casos para forraje, así mismo forma parte de la economía de diversas zonas, lo cual lo ha mantenido como objeto de estudio a nivel mundial.

#### II.1.1 Composición química

Entre los componentes químicos del maíz se destacan mayoritariamente, el almidón, las proteínas y los lípidos (Cuadro 1), en cantidades menores la fibra cruda, azúcares, minerales y otras sustancias orgánicas como las vitaminas (Watson, 1987). No obstante, la composición química de los granos de maíz se ve afectada de acuerdo a la variedad, condiciones de siembra y climatológicas del lugar donde se cultive (Paredes-López *et al.*, 2006).

**Cuadro 1.** Composición química del maíz (%).

<i>Fracción</i>	<b>Grano Entero</b>	<b>Almidón</b>	<b>Proteína</b>	<b>Lípidos</b>	<b>Azúcares</b>	<b>Cenizas</b>
<b>Grano entero</b>	100.0	81.5	10.3	4.8	2.0	1.4
<b>Endospermo</b>	82.3	86.4	9.4	0.8	0.6	0.3
<b>Germen</b>	11.5	8.2	18.8	34.5	10.8	10.1
<b>Pericarpio</b>	5.3	7.3	3.7	1.0	0.3	0.8
<b>Pedicelo</b>	0.8	5.3	9.1	3.8	1.6	1.6

Fuente: Paredes-López *et al.*, 2006.

La estructura general del grano de maíz (Figura 1), está constituida principalmente por el endospermo, pericarpio y el germen. El endospermo, contiene un nivel elevado de almidón, proteínas y un contenido de grasas relativamente bajo. Aporta, además, la mayor parte del nitrógeno que contiene el maíz. Por su parte el germen, se caracteriza por un elevado contenido de lípidos, proteínas y minerales, también contiene nitrógeno, pero en menor medida que el endospermo. El pericarpio, se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87%, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%) (Burge y Duensing, 1989).

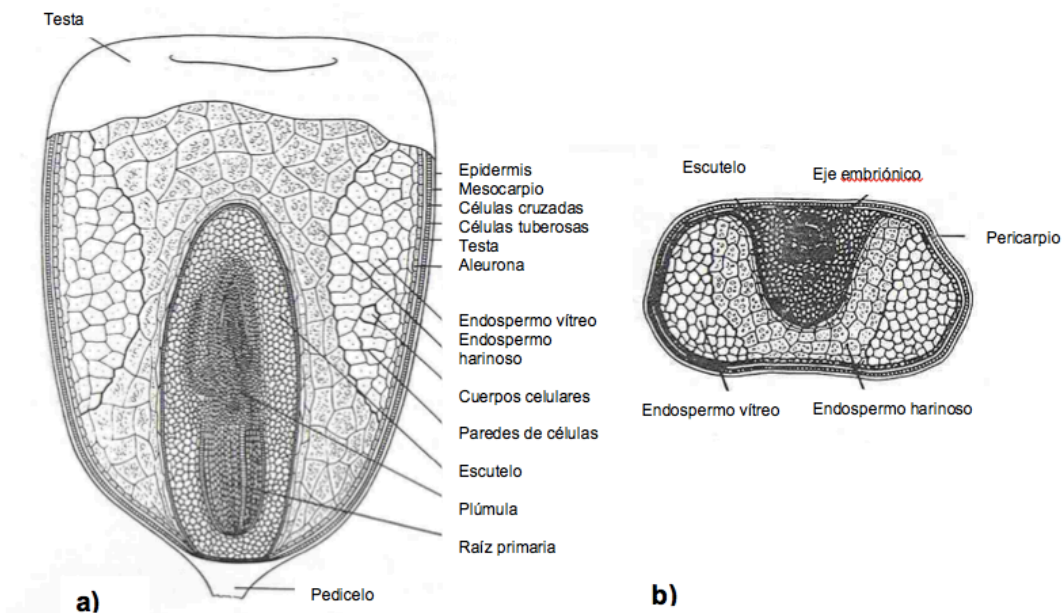


Figura 1. Corte longitudinal (a) y transversal del grano de maíz (b).

Fuente: Hosenev, 1998

Dentro de las principales proteínas contenidas en el grano de maíz se encuentran las glutelinas, zeínas, globulinas y albuminas. Las glutelinas y zeínas se encuentran principalmente en el endospermo, mientras que las albúminas y globulinas en el germen (Paredes-López *et al.*, 2006). Cuando la proteína de maíz, y en general la de los cereales, es comparada con la proteína de origen animal, es tomada de bajo valor nutricional. Esta deficiencia es el resultado del desbalance de



aminoácidos en las diferentes partes estructurales del grano de maíz, pues de las proteínas presentes en el endospermo las zeínas representan aproximadamente el 50% de la proteína total del grano, con cantidades insuficientes de dos aminoácidos indispensables: lisina y triptófano. Sin embargo tanto las albúminas como las globulinas y las glutelinas contienen un adecuado balance de aminoácidos esenciales y presentan un alto contenido del aminoácido esencial de leucina (Figuroa *et. al*, 1994).

## II.1.2 Compuestos bioactivos

Varios componentes bioactivos, tales como carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos son asociados con propiedades benéficas a la salud y a la prevención de enfermedades, en el maíz dichos compuestos están presentes en gran medida en el grano entero.

### II.1.2.1 Compuestos fenólicos

Los ácidos fenólicos y flavonoides representan la forma más común de compuestos fenólicos encontrados en el grano de maíz entero, con un número de tipos que existen como formas unidas libres y conjugados solubles o insolubles. Más de 5.000 flavonoides se han identificado en la naturaleza (Prior *et al.*, 2006). Los flavonoides se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos unidos por una cadena de tres carbonos, éstos compuestos incluyen a los flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanoles y antocianinas (Yao *et al.*, 2004). La función más importante de los flavonoides es su capacidad para impartir color a la planta en la que se producen. Los flavonoides son responsables de la mayoría de los colores amarillo, escarlata, carmesí, malva, violeta y azul (Harborne, 1986). Diversos estudios han reportado la existencia y diversidad de compuestos fenólicos entre los diversos genotipos de maíz, entre los cuales se encuentran que las formas libres y ésteres de los ácidos ferúlico y p-cumárico, son los que se presentan mayoritariamente (Kennedy *et al.*, 1999; Bily *et al.*, 2004). El ácido ferúlico es un fitoquímico

importante en el maíz y otros cereales, está presente en diferentes formas (libre, conjugado, y ligado), la concentración de cada forma varía en distintos tipos de maíz. Se ha demostrado que el tratamiento térmico aumenta el contenido libre de fitoquímico y la actividad antioxidante de maíz. Métodos de procesamiento tales como la cocción con cal, el horneado de tortilla, aumentan la cantidad de ácido ferúlico libre, soluble y conjugado (De la Parra *et al.*, 2007). Mora-Rochin *et al.* (2010) evaluaron el contenido de ácido ferúlico en tortillas obtenidas tradicionalmente y por proceso de extrusión, los resultados obtenidos indicaron que el proceso tradicional, libera el ácido ferúlico unido con las paredes celulares del grano de una manera más eficiente. En general, una amplia gama de propiedades terapéuticas de los compuestos fenólicos se han reportado, tales como propiedades antiinflamatorias, antiaterogénicas, antidiabéticas, neuroprotectoras, radioprotectoras, hepatoprotectoras, entre otras (Srinivasan *et al.*, 2007; Ramos-Escudero *et al.*, 2012).

Kim *et al.* (2013), reportaron que los compuestos fenólicos disminuyen significativamente la acumulación de galactitol en lente y eritrocitos de ratas. Así mismo informaron, que los compuestos fenólicos aislados de maíz (*Zea mays L.*) inhiben la actividad de la aldosa reductasa, por lo que son considerados como eficaces en prevenir o retardar las complicaciones asociadas con la diabetes.

#### II.1.2.2 Carotenoides

Los carotenoides varían en función del tipo de maíz. Más de 600 especies de carotenoides se han identificado en la naturaleza. Los carotenoides se localizan en los orgánulos sub-celulares, cloroplastos y cromoplastos, donde están asociados principalmente con proteínas y sirven como pigmentos accesorios de la fotosíntesis. Dos clases de pigmentos carotenoides: carotenos y xantofilas, son los responsables del color amarillo y naranja del endospermo del maíz (De la Parra *et al.*, 2007). En general,  $\alpha$ -y  $\beta$ -caroteno son los principales carotenos, mientras que  $\beta$ -criptoxantina, luteína y zeaxantina constituyen la mayoría de las xantofilas

(Rodríguez-Amaya *et al.*, 2004). Se ha reportado que el maíz amarillo tiene más carotenoides que el maíz blanco. La luteína y la zeaxantina son los carotenoides principales en el maíz, en menor medida están presentes la  $\alpha$ -y  $\beta$ -criptoxantina y  $\alpha$ -y  $\beta$ -caroteno. El maíz azul y blanco poseen bajos contenidos en luteína y zeaxantina, mientras que el maíz amarillo posee un contenido mayor de carotenoides que éstos (De la Parra *et al.*, 2007). Varias propiedades de la luteína y zeaxantina relacionadas con la salud de se han identificado, por ejemplo, la luteína se ha demostrado que tienen efectos sobre la inhibición del crecimiento tumoral en ratones, además de la eliminación de radicales libres (Park *et al.*, 1998; Leenhardt *et al.*, 2006). Los estudios epidemiológicos han demostrado que los alimentos ricos en carotenoides, reducen el riesgo de padecer enfermedades degenerativas, como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y la degeneración macular relacionada con la edad, de igual forma ayudan a mantener la buena salud de la piel (Burkhardt y Boehm, 2007; Carpentier *et al.*, 2009; Singh *et al.*, 2011; Gentili y Caretti, 2011).

### II.1.2.3 Antocianinas

Las variedades de maíz, se caracterizan por poseer pigmentaciones diferentes de colores, que pueden contribuir a diversos colores como el rojo, púrpura y azul. Dichas coloraciones son aportadas por las antocianinas que se encuentran principalmente en el pericarpio y en la capa aleurona (He *et al.*, 2012). Se ha encontrado que el maíz pigmentado, color púrpura, azul y rojo inhibe la carcinogénesis colorrectal en ratas macho (Hagiwara *et al.*, 2001). Las antocianinas no solo se han relacionado con una alta actividad antioxidante y anti-radical, sino también con otras propiedades biológicas, tales como actividades antimutagénicas o estrogénica, inhibición de enzimas e inducción de enzimas de desintoxicación, tales como glutatión transferasa y quinona reductasa (Rondini *et al.*, 2002; Tsuda *et al.*, 2003).

Mendoza-Díaz *et al.* (2012), evaluaron la capacidad antioxidante y antimutagénica de antocianinas y carotenoides de extractos de razas de maíz criollo, antes y después del proceso de nixtamalización. Los resultados indican que a pesar de presentarse pérdidas de pigmentos, las razas de maíz criollo, muestran actividades antioxidantes y antimutagénicas después de dicho proceso. Zilić *et al.* (2012), reportaron el contenido de antocianinas en 10 genotipos de maíz de diferente color, según los resultados, el contenido total de antocianinas en granos de color rojo oscuro, azul oscuro y azul claro, podrían ser útiles en el desarrollo de alimentos funcionales y/o colorantes naturales.

#### **II.1.2.4 Almidón resistente**

El almidón se clasifica en tres grupos de acuerdo a la tasa de liberación de glucosa y su absorción en el tracto gastrointestinal: almidón de digestión rápida (ADR), almidón de digestión lenta (ADL), y almidón resistente (AR). El ADR es el grupo de los almidones que pueden ser rápidamente hidrolizados por las enzimas digestivas, ADL es el grupo que se digiere a una velocidad relativamente lenta (Englyst *et al.*, 1992), y AR no es digerido por las enzimas digestivas y en consecuencia se transfiere al colon. El almidón de maíz ceroso se digiere más rápidamente que un almidón de alta amilosa, posiblemente debido a la mayor área de superficie de amilopectina que de amilosa. El almidón resistente se ha asociado con beneficios para la salud tales como la mejora el metabolismo del colesterol y la reducción de riesgo de la diabetes tipo II y cáncer de colon (Hoebler *et al.*, 1999; Nugent, 2005; Le *et al.*, 2010).

Los tratamientos mecánicos y térmicos cambian la estructura y la digestibilidad del almidón (Chung *et al.*, 2009). Los almidones de maíz de bajo contenido de amilosa se dañan fácilmente por la molienda, lo que los hace más vulnerables a la amilolisis (Tester y Morrison, 1994; Liu *et al.*, 2009; Zavareze y Díaz, 2011). Los tratamientos térmicos tales como tratamiento en autoclave, cocción al vapor, horneado, y sancochado afectan a la gelatinización y

retrogradación procesos y, en consecuencia conllevan a la formación de almidón resistente en los alimentos (Singh *et al.*, 2011). La nixtamalización y las condiciones de almacenamiento de tortillas pueden influir de manera significativa en los niveles de almidón resistente, mayor tiempo de almacenamiento induce a una mayor formación de almidón resistente (Rendón-Villalobos *et al.*, 2002; Mora-Escobedo *et al.*, 2004).

## **II.2 Generalidades del frijol**

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), corresponde a una de las leguminosas más importantes que poseen semillas comestibles. Es originario de América, se ha cultivado desde hace alrededor de 8 mil años, desarrollándose durante ese tiempo una diversidad de tipos y calidades de frijoles. Se le conoce con diferentes nombres como poroto, haricot, caraota, judía, alubia, habichuela entre otros (Tapuach, 2004). En la actualidad, se encuentra distribuido en los cinco continentes y es un componente esencial de la dieta, especialmente en Centroamérica y Sudamérica. Representa una de las principales fuentes de proteína, carbohidratos, vitaminas y minerales (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2002).

### **II.2.1 Composición química y valor nutrimental**

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), es destacado por ser una excelente fuente de carbohidratos, proteínas, fibra dietaria, fitoquímicos y minerales, entre otros (Cuadro 2). 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 acompañado con lípidos nativos entre un 7.8% y 15.7%, permitiendo que los carbohidratos posean una resistencia a la hidrólisis enzimática, produciendo una lenta digestión y absorción de glucosa al torrente sanguíneo cuando son ingeridos (Bello-Pérez y Paredes-López, 2009).

**Cuadro 2.** Composición química y nutrimental del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Indicadores	Contenido
<b>Composición química (%)</b>	
Proteína	14 – 33
Lípidos	1.5 – 6.2
Fibra total	14 – 19
Insoluble	10.1 – 13.4
Soluble	3.1 – 7.6
Cenizas	2.9 – 4.5
Carbohidratos	52 – 76
<b>Calidad de proteína</b>	
Digestibilidad	52 – 75
Relación de eficiencia proteínica	0.7 – 1.5
<b>Aminoácidos esenciales (g/100gproteína)</b>	
Fenilalanina + Tirosina	5.3 – 8.2
Isoleucina	2.8 – 5.8
Leucina	4.9 – 9.9
Lisina	6.4 – 7.6
Metionina + Cisteína	1.2 – 1.5
Treonina	4.4 – 7.0
Triptófano	-
Valina	4.5 – 6.7
<b>Vitaminas (mg/100g)</b>	
Tiamina (B1)	0.86 – 1.14
Riboflavina (B2)	0.14 – 0.27
Niacina (B3)	1.16 – 2.68
Piridoxina (B6)	0.34 – 0.64
Ácido fólico	0.17 – 0.58
<b>Minerales (mg/100g)</b>	
Calcio	9 – 200
Fósforo	460
Cobre	0.7 – 1.2
Hierro	3.8 – 7.6
Magnesio	200
Zinc	2.2 – 4.4
<b>Otros componentes</b>	
Taninos (mgeq.cat./g) <sup>a</sup>	9.6 – 131.4
Inhibidores de tripsina (UIT/mg) <sup>b</sup>	13 – 29
Ácido fítico (%)	0.6 – 2.7

**a** Miligramos equivalentes de catequina por gramo.

**b** Unidades de inhibición de tripsina por miligramo  
(Paredes-López *et al.*, 2006)

La fibra dietética se encuentra estructurada dentro de las paredes celulares de la cascarilla y el endospermo, lo cual también aporta resistencia a la digestión de almidones. Otros constituyentes importantes del frijol son vitaminas del grupo B, folatos y hierro, así como antioxidantes y polifenoles. Aunque el frijol común está libre de colesterol, el contenido de ácidos grasos depende de la variedad, siendo los insaturados los predominantes, principalmente los ácidos linoléico y linolénico (Anderson *et al.*, 1999; Paredes-López *et al.*, 2006).

Las proteínas que contiene el frijol común, poseen una buena composición de aminoácidos como tirosina, lisina y leucina pero es deficiente en los aminoácidos azufrados metionina, cistina y triptófano (Paredes-López *et al.*, 2006), por lo cual una dieta adecuada en aminoácidos esenciales se logra a través de la combinación del frijol con cereales (maíz, arroz, otros), los cuales son una buena fuente de estos aminoácidos.

## II.2.2 Compuestos bioactivos

Se le denomina compuestos bioactivos o fitoquímicos a los que actúan como sustrato de enzimas con el objetivo de ejercer un efecto beneficioso para alguna función corporal del organismo que permite mejorar la salud o reducir el riesgo de sufrir una enfermedad. El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*), se ha destacado como una de las leguminosas, con compuestos bioactivos que ayudan al cuerpo a promover la buena salud.

En los últimos años, algunos estudios se centran principalmente en los efectos de los compuestos fenólicos en varias actividades fisiológicas gracias a su capacidad antioxidante, actividad antimutagénica, anticarcinogénica y antihipertensiva, entre otras (Cardador- Martínez *et al.*, 2002a; Oomah *et al.*, 2005; Aparicio-Fernández *et al.*, 2006; Feregrino- Pérez *et al.*, 2008; Hollman *et al.*, 2011). De igual forma compuestos como el almidón resistente, oligosacáridos y

fibra soluble e insoluble han sido reportados por sus cualidades benéficas para la salud (Izydorczyk y Biliaderis, 2007).

### **II.2.2.1 Compuestos fenólicos**

Dentro de los fitoquímicos con una alta actividad biológica están presentes los compuestos fenólicos. Se encuentran principalmente en la cascarilla o testa del frijol común, son considerados como agentes utilizados para combatir la aterosclerosis y diversos tipos de cáncer; se ha demostrado que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de células cancerígenas y que poseen actividad antimutagénica (Cardador-Martínez *et al.*, 2002a; Aparicio-Fernández *et al.*, 2005a; Gálvez-Ranilla *et al.*, 2007). La actividad antioxidante es uno de los más importantes mecanismos de prevención o retraso del inicio de la mayoría de enfermedades crónico degenerativas incluyendo cáncer, enfermedades coronarias, entre otras. Según López *et al.*, (2013) la composición fenólica de los granos de testa oscura se relacionan con el proceso de cocción y por lo tanto con su actividad neuroprotectora y anticancerígena; la cocción de granos oscuros mejora la digestión y la absorción a nivel intestinal, manteniendo al mismo tiempo su capacidad de protección durante el proceso oxidativo a nivel celular. Entre los principales compuestos fenólicos encontrados en frijol, se encuentran los ácidos fenólicos, flavonoides, antocianinas y taninos condensados (Espinosa-Alonso *et al.*, 2006; Xu y Chang, 2007; Amarowicz y Pegg, 2008; Oomah *et al.*, 2010).

#### **II.2.2.1.1 Flavonoides**

De acuerdo con Cardador-Martínez *et al.* (2002b), el frijol común posee altas concentraciones de flavonoides, encontrándose principalmente en la cascarilla, aunque también se les puede localizar en menor cantidad, en cotiledones y en el hipocótilo de la planta. Principalmente, se han identificado ésteres sinápicos, ácido cafeíco, ácido p-cumárico y ferúlico (Luthria y Pastor-Corrales, 2006; Ross *et al.*,



2009). Se les atribuye efecto ateroprotector, asociando su ingesta con bajos niveles poblacionales de enfermedad vascular periférica y cardiovascular. Según algunos estudios epidemiológicos, el consumo de alimentos ricos en flavonoides protege contra enfermedades humanas asociadas al estrés oxidativo tales como: arterioesclerosis, envejecimiento patológico, cáncer, catarata senil, insuficiencia renal aguda, diabetes mellitus, hipertensión arterial e insuficiencia hepática (Elejalde-Guerra *et al.*, 2001; Romani *et al.*, 2004).

#### II.2.2.1.2 Antocianinas

Según Choung *et al.* (2003), reportaron que el contenido y la composición de antocianinas en las semillas dependen de las clases de moteado de color. Por su parte, Beninger y Hosfield (2003), atribuyen a las antocianinas la generación de la coloración de la semilla de frijol común, especialmente en variedades oscuras. El color que confieren las antocianinas al frijol común, depende del número y posición de los sustituyentes hidróxilo y metóxilo.

Algunos estudios han reportado que las antocianinas actúan como antioxidantes, inhiben el crecimiento de células cancerosas e inducen la apoptosis (Hou *et al.*, 2004; Bao *et al.*, 2005). Aparicio-Fernández *et al.* (2005a), reportaron el contenido de antocianinas en cascarilla de frijol común variedad Jamapa, contra aflatoxina AFB<sub>1</sub>, su actividad antimutagénica a partir de su extracto metanólico, se realizó mediante el ensayo de microsuspensión de Ames. De igual forma, evidenciaron que el almacenamiento y tratamiento térmico disminuyen la concentración de estos compuestos. Así mismo se ha reportado que el contenido de antocianinas puede verse afectado por los procesos de glucosilación en la semilla durante el almacenamiento (Xu y Chang, 2009).

### II.2.2.1.3 Taninos condensados

Los taninos son componentes fenólicos que generalmente tienen la habilidad para actuar como agentes complejadores de proteínas. Se clasifican como hidrolizables y no hidrolizables o taninos condensados. Las proantocianidinas ó taninos condensados son compuestos polifenólicos de los alimentos pertenecientes al grupo de los flavonoides (Derache, 1990; Saura Calixto *et al.*, 2007). Se consideraban como antinutricios por su complejamiento con carbohidratos y proteínas, pero actualmente se ha descubierto su capacidad como antioxidantes naturales, ya que reaccionan con los radicales libres en el organismo, que son considerados causantes de diversos tipos de cáncer.

Se ha reportado que los taninos de frijol común negro inhiben la actividad mutagénica del benzo (a) pireno (De Mejía *et al.*, 1999), y de la ciclofosfamida en ratones (Azevedo *et al.*, 2003) dichas investigaciones, fueron realizadas mediante la prueba de Maron y Ames y un ensayo de micronúcleos respectivamente. Según el estudio realizado por Cardador-Martínez *et al.* (2002a) se evidenció la capacidad antimutagénica de los taninos condensados (EP) presentes en la cascarilla de frijol (Flor de Mayo F-38), contra la aflatoxina B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>), mediante un ensayo en microsuspensión con cepas de *Salmonella typhimorium*. Cuando se incubaron las bacterias con la AFB<sub>1</sub> y EP se observó un efecto de inhibición en la mutagenicidad de la AFB<sub>1</sub>. Según lo reportado por dichos autores, se sugieren que dicha inhibición se debe a la posible interacción del EP con el último mutágeno de la AFB<sub>1</sub>, por lo que la dejaría menos disponible de unirse al ADN de la bacteria, generando de tal forma dicho efecto antimutagénico.

### II.2.2.2 Fibra dietaria

Según Escudero y González (2006), la fibra dietaria (soluble e insoluble) está constituida por sustancias de origen vegetal, carbohidratos o derivados de los mismos, a excepción de la lignina, que resisten la hidrólisis por las enzimas

digestivas humanas y llegan intactos al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica. La fibra soluble está representada por la fracción de polisacáridos no relacionados con el almidón como lo son gomas, pectinas y oligosacáridos (rafinosa, estaquiosa y verbascosa). Algunos autores han reportado un intervalo para el contenido de fibra soluble en frijol común del 3.1 a 7.6% (Feregrino-Pérez *et al.*, 2008; Campos-Vega *et al.*, 2009). La fibra insoluble se compone principalmente de lignina y polisacáridos no almidonosos (hemicelulosa y celulosa). Representa entre el 92-100% de fibra dietética en leguminosas como en el frijol común (Bednar *et al.*, 2001), tiene capacidad para retener agua en su matriz estructural, formando mezclas de baja viscosidad, por lo que incrementa la masa fecal, que a su vez, acelera el tránsito intestinal (Escudero y González, 2006).

Se ha reportado que los polisacáridos no amiláceos como fibra soluble e insoluble, pectinas, gomas hemicelulosas, inulina y otras son sustratos adecuados para la fermentación en el colon por la flora intestinal, produciendo ácidos grasos de cadena corta como ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico, atribuyendo un papel importante contra el cáncer de colon (Zhou y Yu 2004; Campos-Vega *et al.*, 2009).

Vergara-Castañeda *et al.* (2010), evidenciaron el efecto quimiopreventivo de la fermentación de la fracción no digerible (FND) de frijol común variedad Bayo Madero, sobre la formación de fosas crípticas aberrantes en un modelo animal, las cuáles fueron inducidas con azoximetano (AOM). Cruz-Bravo *et al.* (2011), reportaron que el extracto de fermentación *in vitro* de frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) cocido variedad Negro 8025 inhibe la sobre vida de las células de adenocarcinoma de colon humano. Campos-Vega *et al.* (2012), reportaron el efecto quimioprotector de los productos de la fermentación por la flora intestinal de la FND de frijoles cocidos sobre la expresión de la proteína asociada con la apoptosis, la detención del ciclo celular, y la proliferación en las células cancerosas de adenocarcinoma de colon humano.

### II.2.2.3 Almidón resistente

Estudios previos han demostrado que el almidón del frijol común tiene un efecto similar al de la fibra dietética, una parte de éste es resistente a las enzimas digestivas, por lo que al no ser digerido, llega hasta el intestino grueso, donde es fermentado brindando sus beneficios al organismo (Asp *et al.*, 1996; Osorio-Díaz *et al.*, 2002).

Se ha reportado que las leguminosas procesadas, contienen mayores cantidades de almidón resistente que los cereales, tubérculos y frutas inmaduras. Osorio-Díaz *et al.* (2003), reportaron un incremento en el contenido de almidón resistente después de someter el frijol común a un proceso térmico. Sin embargo, De Almeida-Costa *et al.* (2006), reportan una disminución del almidón resistente en frijol común cocido respecto al crudo.

## II.3 Nixtamalización

El proceso de conversión del maíz por nixtamalización, se practica principalmente en las áreas de los países donde se consume tortilla, especialmente México, Guatemala y Estados Unidos (Bressani 1990; Serna-Saldívar *et al.*, 1990). El fundamento y procedimiento del proceso tradicional de nixtamalización no ha variado con los siglos, independientemente de que el maíz cocido en agua con cal, sea manipulado por medios artesanales o industriales con modernos métodos de secado, para la producción de masa o harina de maíz nixtamalizado.

La nixtamalización, radica en el cocimiento del grano de maíz en agua, adicionando hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), durante un determinado tiempo dependiendo de la dureza del grano (Arámbula *et al.*, 2001), el caldo de cocción es llamado nejayote y el maíz cocido resultante recibe el nombre de “nixtamal”, de ahí el nombre de “nixtamalización”. Durante el cocimiento, se llevan a cabo

reacciones bioquímicas, entrecruzamientos e interacciones moleculares que modifican tanto las características fisicoquímicas, estructurales y reológicas de la masa, como las propiedades estructurales y de textura de la tortilla producida (Rodríguez *et al.*, 1996). Después del proceso de cocción, reposo y lavado se obtiene el maíz nixtamalizado o nixtamal, éste se pasa a través de un molino, para obtener la masa y después del secado la harina. Algunos de los productos elaborados a partir de harina de maíz nixtamalizado son tamales, tostadas, nachos, tortillas y tortillas fritas, los cuales son ampliamente consumidos en México, Guatemala, y mexicanos que viven en Estados Unidos (Méndez- Montealvo *et al.*, 2008; Paredes- López *et al.*, 2009).

La nixtamalización, le brinda suavidad al grano, lo que permite que las tortillas adquieran una mayor calidad nutricional. Así mismo, durante el proceso de cocción, la zeína, que es una proteína deficiente en lisina y triptófano, disminuye su solubilidad, mientras que otras proteínas (principalmente albúmina, globulina y glutelina), que tienen un mayor valor nutricional, aumentan su solubilidad y con ello la disponibilidad de los aminoácidos esenciales (Martínez *et al.*, 2002; Méndez- Montealvo *et al.*, 2008). La temperatura relativamente alta a lo largo de la cocción y el pH alcalino facilita diversas transformaciones en los componentes del grano (proteínas, lípidos y almidón). Entre éstos la hidrólisis del enlace éster del ácido ferúlico en el pericarpio (Campechano *et al.*, 2012) y la gelatinización parcial de almidón (Méndez-Montealvo *et al.*, 2008).

## **II.4 Botanas**

Según la Norma Oficial Mexicana (NOM-187-SSA1-SCFI-2002), se define como 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, juega un papel importante en la salud de quienes las consumen. Los ingredientes utilizados en la elaboración deben proporcionar características nutricionales y sensoriales adecuadas para el mercado actual. Muchas de las botanas, son percibidas por el consumidor como comida “poco saludable”, debido a los altos contenidos de grasa y sodio. Es así por lo que en los últimos años la industria botanera ha mostrado algunas innovaciones en este sector lanzando alternativas más saludables, como al horno, multigrano, etc. La elaboración de botanas a base de maíz y frijol representa una oferta con un mercado alto para las industrias en el país y una excelente opción para mejorar el contenido de nutrimentos. En 2010, las dos botanas nixtamalizadas por excelencia fueron los totopos y las tostadas, ubicándose en el segundo lugar en ventas en el mundo después de las papas fritas, representando un gran ingreso económico (US\$ 6295 millones) para los Estados Unidos (Informe de indicadores del mercado, 2011).

En México, son especialmente demandados los maíces de grano blanco para la elaboración de tortillas; sin embargo, los de color amarillo ofrecen ventajas en cuanto a la textura y apariencia de las botanas (Guerrero, 1998), además de aportar el  $\beta$ -caroteno que es la forma activa de la vitamina A y es importante para el crecimiento, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la visión nocturna (Serna, 1996).

Meza-Rivera (2011), evaluó nutrimental y nutracéuticamente una botana a partir de harinas de maíz y frijol extrudidas, reportó un incremento en los niveles de fibra dietética, almidón resistente y compuestos fenólicos (taninos condensados y fenoles totales) de manera concentración-dependiente, produciendo mezclas altamente nutritivas. De igual forma, Treviño-Mejía (2013) evaluó dicha combinación en la elaboración de tortillas en el que de igual forma se reportó que

enriquecer la tortilla de maíz con frijol común mejora la calidad nutricia y nutracéutica, ya que aumenta el porcentaje de proteína, fibra total dietaria, almidón resistente, ciertos oligosacáridos, compuestos fenólicos totales y flavonoides totales; así como la capacidad antioxidante de éstas; además de la disminución del porcentaje de lípidos y las calorías totales de las tortillas.

Salazar *et al.* (2014), analizaron la influencia de la concentración del hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) utilizado durante el proceso nixtamalización sobre las propiedades fisicoquímicas de harinas de maíz nixtamalizado y su efecto sobre el contenido de acrilamida en totopos (chips de tortilla) elaborados a partir de esta. Los resultados sugieren que el control de dicha concentración durante la nixtamalización puede ser utilizado como una estrategia eficaz para la reducción de formación de acrilamida en productos fritos producidos a partir de harina de maíz nixtamalizado.

#### II.4.1 Tratamientos térmicos de deshidratación de botanas

Una de las operaciones principales en la elaboración de botanas es la fritura, este tipo de cocción produce alimentos ricos en grasas y muchas veces de muy difícil digestión, doblando o triplicando las calorías de los mismos, por lo que se ha relacionado de manera directa con la incidencia de enfermedades como la obesidad y el sobrepeso. Por su parte, otro método de deshidratación térmica de alimentos es el horneado, durante éste proceso el medio de transferencia de calor es el aire caliente, el cual genera en el alimento una corteza de color dorado y consistencia quebradiza, sin impregnación de grasa, haciéndolo más saludable (García, *et al.*, 2005). El calor seco a altas temperaturas forma una “costra” protectora la cual favorece la conservación de los nutrientes propios de cada alimento en su interior. Este tipo de cocción se efectúa en un ambiente cerrado, en donde el tipo de horneado depende del horno a utilizar, entre los que se destacan el horno convencional, microondas e infrarrojo.

En la industria de alimentos, los hornos empleados por excelencia son el convencional y el infrarrojo. El convencional o a gas representa una gran ventaja económica gracias a su bajo costo de operación (eficiencia energética) . Por su parte, la aplicación de infrarrojo en la industria alimentaria representa un nuevo proceso para la producción de alimentos secos de alta calidad (Sakai y Hanzawa, 1994). El calentamiento de infrarrojo puede ser usado en varios procesamientos de alimentos, secado, horneado, tostado, cocción, escaldado, pasteurización y esterilización (Kathiravan *et al.*, 2008). El uso de la radiación de infrarroja para la tecnología de deshidratado en alimentos tiene numerosas ventajas incluyendo la reducción del tiempo de secado, una fuente alternativa de energía, incremento en la eficiencia de la energía, una temperatura uniforme en el producto, mejor calidad del producto terminado, alto grado de control en los parámetros del proceso y crea un ambiente limpio de trabajo (Navari *et al.*, 1992; Sakai y Hanzawa 1994; Mongpreneet *et al.*, 2002). La irradiación infrarroja en superficies de alimentos inicialmente comprende pequeñas penetraciones de energía relativamente, sin embargo la penetración va a depender de la composición del alimento y la longitud de onda (López, 2011).

El infrarrojo se ha empleado para la cocción de tortillas de harina de trigo usando un horno continuo de infrarrojo sobre el rango del infrarrojo medio (650 y 4000  $\text{cm}^{-1}$ ) y lejano (400 y 10  $\text{cm}^{-1}$ ) durante 17-19 segundos, se determinó que este método es rápido y reduce la deshidratación de la tortilla obteniendo las mismas características fisicoquímicas que con el método tradicional de cocción, siendo la ventaja la reducción de costos empleando el infrarrojo (Martínez *et al.*, 1999).

Finalmente, el empleo de procesos térmicos juega un papel importante en la obtención de botanas saludables. La tendencia actual de los consumidores se centra principalmente en alimentos bajos en grasa, lo cual acarrea principalmente la utilización de procesos como el horneado.



### III. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial el consumo de botanas es considerado de bajo valor nutrimental y de alto aporte calórico, por ello se ha incrementado el interés de la población en consumir alimentos que además de nutrir proporcionen algún beneficio a la salud. Los productos derivados de maíz enriquecidos con frijol, han tomado gran relevancia, pues además de ser componentes esenciales de la alimentación del mexicano, poseen propiedades benéficas a la salud. Para el caso de las botanas, no solo se hace relevante los tipos de ingredientes que la conforman, sino también su proceso de elaboración. Muchas de las botanas, conllevan procesos de fritura, lo cual genera un aumento del aporte calórico, evidenciándose notablemente en el número de personas con problemas de obesidad, además de estar acompañado por enfermedades no transmisibles como obesidad, diabetes, cardiovasculares y cáncer. Es así por lo que una botana elaborada a base de maíz nixtamalizado y frijol común sometida a tratamientos térmicos como el horneado, pretende generar una alternativa en la obtención y consumo de botanas saludables.

## IV. OBJETIVOS

### IV.1 Objetivo general

Desarrollar y evaluar nutrimental y nutracéuticamente una botana horneada a partir de harinas de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido.

### IV.2 Objetivos específicos

1. Comparar el potencial nutritivo y nutracéutico de harinas de maíz, frijol y mezclas de harina de maíz nixtamalizado y frijol cocido.
2. Elaborar la botana y evaluar diferentes tipos de horneado y mezclas de harinas maíz/frijol.
3. Evaluar el potencial nutritivo y nutracéutico, parámetros fisicoquímicos y de calidad de la botana obtenida.
4. Evaluar las características sensoriales de aceptación mediante panel de consumidores no entrenado.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### V.1 Reactivos

La  $\alpha$ -amilasa, proteasa, amiloglucosidasa, (+)-catequina, ácido ferúlico, vainillina, DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo), Trolox, reactivo de Folin-ciocalteu, ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)), y el kit de glucosa (GAGO20-1KT) fueron adquiridos de la marca Sigma- Aldrich.

Acetona, etanol, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, éter etílico, éter de petróleo, ácido bórico, ácido sulfúrico, acetato de sodio, carbonato de sodio, hidróxido de potasio, fosfato monobásico de sodio monohidratado y metanol fueron obtenidos de la marca J.T. Baker.

### V.2 Materia prima

El maíz (*Zea mays* L.) y el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) fueron donados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Campo Experimental Bajío. El frijol utilizado fue variedad Bayo Madero y la variedad de maíz fue PBN (Población Blanca del Noroeste), la cual es una población de grano blanco adaptada a regiones subtropicales, integrada con germoplasma resistente a enfermedades y calidad de tallo, tiene una textura del endospermo que varía de cristalina a semi-dentada. En dicha población se ha aplicado un proceso de selección para incrementar su contenido de aceite.

#### V.2.1 Caracterización inicial de la materia prima

##### V.2.1.1 Índice de flotación

Este método se basa en el principio de que los granos duros son de mayor densidad y por lo tanto tales granos flotan en menor cantidad que los granos de menor densidad. Para la determinación se empleó una solución de nitrato de sodio,

a una densidad de 1,250 g/ml (+/- 0,001 g/mL), medida con un picnómetro. Se controló la temperatura a 22°C - 23°C, y se añadió un volumen de 300 mL-350 mL en un vaso de 600 mL. Se tomaron 100 granos (libres de impurezas) y se vertieron en la solución de nitrato de sodio previamente preparada, separando los granos uno de otro mediante un agitador de vidrio, después de 1 minuto se tomó la lectura. El número de granos que ascendieron a la superficie se usó como el índice de flotación (NOM, 2002). Finalmente, el índice de flotación obtenido se utilizó para conocer el tiempo de cocción del grano de maíz durante el proceso de nixtamalización.

#### V.2.1.2 Peso de los 1000 granos

Se registró el peso de 1000 granos del genotipo de maíz, por triplicado (Salinas *et al.*, 1992).

### V.2.2 Acondicionamiento de la materia prima

#### V.2.2.1 Harina de maíz

##### V.2.2.1.1 Proceso de nixtamalización

Se llevó a cabo el proceso tradicional de nixtamalización descrito por Serna *et al.* (1990). Para la cocción, se utilizó una relación maíz-agua de 1:2 es decir, 1 kg de maíz por dos litros de agua. La cantidad de hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) añadido fue del 1% en base al peso inicial del grano, y un tiempo de cocción de 40 minutos. Después, se dejó reposar por 8 horas y se lavó eliminando los componentes orgánicos y el exceso de calcio. La molienda del grano nixtamalizado se llevó a cabo en un molino de piedras (Cinvestav, Querétaro, México) y posteriormente se sometió a deshidratar en un secador tipo industrial Flash (Cinvestav-GAV, M2000, Querétaro, México) a una temperatura de  $250 \pm 10$  °C durante 10 segundos. Finalmente, la harina obtenida se dividió a la mitad y cada una las partes se molieron en un molino de martillo (PULVEX 200, México, DF) con

mallas de 0,5 mm y 0.8 mm respectivamente. Finalmente se unió de nuevo la harina y se almacenó a 4°C, protegiéndola de la luz.

#### V.2.2.2 Harina de frijol

##### V.2.2.2.1 Proceso de cocción y secado

De acuerdo con la metodología descrita por Aparicio-Fernández *et al.* (2005b). Se tomó una relación frijol-agua de 1:4. El proceso de cocción fue de 2.5 horas a 95°C. Una vez realizada la cocción del frijol junto con el caldo de cocción, éste se secó en un horno por convección a 60°C durante 4 horas, posteriormente se molió y tamizó. Se utilizó una malla 60 para la reducción del tamaño de partícula. La harina obtenida, fue almacenada a 4°C protegiéndola de la luz.

#### V.2.3 Distribución de tamaño de partícula de las harinas.

Se utilizó el método reportado por Bedolla y Rooney (1984). Se colocaron 100 g de cada harina en una fila de tamices US (tamices del número 14, 20, 30, 40, 60, 80, 100 y charola). Las cuales se colocan en un tamizador vibratorio (Ro –Tap® RX-29) durante 15 min, al término del tiempo, se separó y se pesó cada fracción retenida. La distribución obtenida se reportó como el porcentaje retenido en cada malla en base al peso inicial de la muestra.

### V.3 Elaboración de la botana

De acuerdo a estudios previos (Treviño-Mejía 2013), se evaluaron dos proporciones de harina maíz/frijol (80/20 y 70/30) para la elaboración de la botana (Fig. 2). Por cada 100 gramos de la mezcla (maíz/frijol) se utilizó 100 ml de agua y un 1.5% de sal fue añadido a la formulación. La masa se laminó a un espesor de 1.5 mm (Estrada *et al.*, 2008). Posteriormente con la ayuda de un troquelador de forma triangular se cortó uniformemente hasta obtener la forma de totopos.

### V.3.1 Horneado de la botana

Los totopos obtenidos del inciso anterior (V.3) fueron deshidratados térmicamente a través del empleo de horno convencional (gas) y eléctrico (infrarrojo). Se evaluaron dos tiempos (10 y 12 minutos) y dos temperaturas (160°C y 180°C), en cada tipo de horno. Los tiempos y temperaturas anteriores fueron obtenidos de pruebas preliminares.

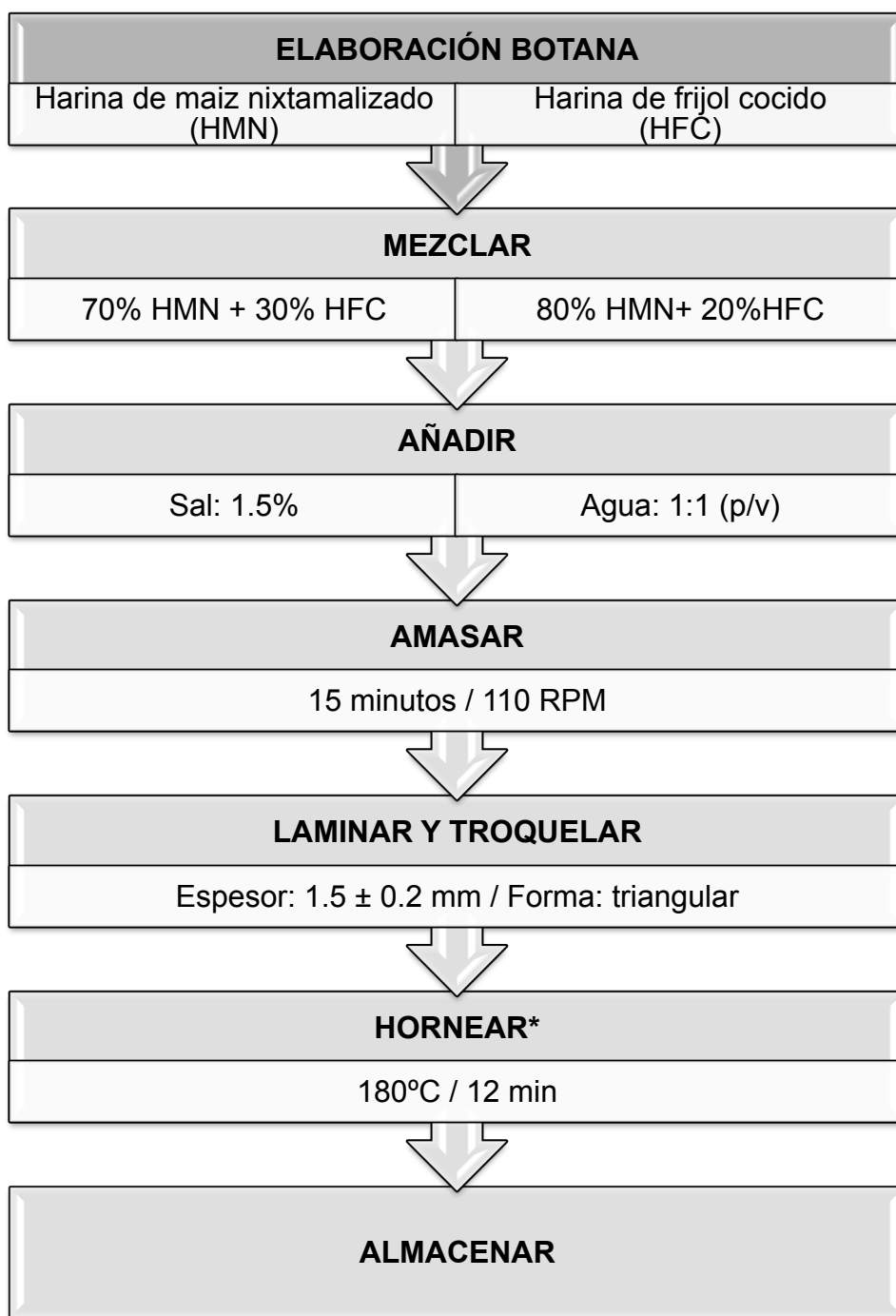


Figura 2. Diagrama de flujo elaboración de la botana

\*Se recomienda precalentar el horno 30 minutos antes.

## V.4 Análisis de harinas y botanas

### V.4.1 Análisis proximal

Las harinas de maíz y frijol, la masa y la botana fueron analizadas mediante la técnica de la AOAC (2002).

#### V.4.1.1 Determinación de humedad (Método 925.09B)

Se pesaron 2g de la muestra en una cápsula o charola previamente tarada. Luego, se colocó en una estufa a 130°C por 2 horas. Posteriormente se llevó la cápsula con la muestra a un desecador, finalmente se registró el peso. El porcentaje de humedad se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial de la muestra} - \text{peso final de la muestra}}{\text{peso inicial de la muestra}} \times 100$$

#### V.4.1.2 Determinación de proteínas (Método 954.01)

Se pesaron 1g de la muestra previamente desgrasada, este se colocó en un matraz Kjeldahl, donde se adicionó 1g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de potasio anhidro y 15 mL de ácido sulfúrico. Adicionados los reactivos, el matraz se colocó en el digestor y se calentó gradualmente. Una vez observado un cambio en el color de la mezcla a verde claro, se detuvo el calentamiento y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Posteriormente, se adicionó 15 mL de agua destilada para disolver completamente el residuo dentro del matraz y 50 mL de solución de hidróxido de sodio al 40%. Por otra parte, en un matraz Erlenmeyer se añadió 50 mL de ácido bórico al 4%, previamente preparado. Este se destiló hasta recolectar 300 mL, se observó un cambio en la coloración del ácido bórico de morado a verde oscuro. Consecutivamente se retiró del destilador y se procedió a valorar con ácido clorhídrico 0.1N. Se utilizó 6.25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína.



Este factor de conversión se basa en la suposición de que la proteína promedio, contiene alrededor de 16% de nitrógeno por unidad de peso.

$$\% N = \frac{\text{mL} \times 0.1 \text{ N HCl} \times 0,014}{\text{g muestra}} \times 100$$

$$\% P = \%N \times 6.25$$

#### V.4.1.3 Determinación del extracto etéreo (Método 920.39)

Se pesaron 2 g de muestra en base seca en cartuchos de celulosa. Éstos se colocaron dentro del aparato de extracción Soxhlet. Así mismo, se adicionó 100 ml de éter de petróleo a los matraces. El periodo de extracción fue de 3 horas. Transcurrido el tiempo, se dejó secar los matraces en la estufa a 50°C durante 4. Finalmente se pesaron los cartuchos. El porcentaje de extracto etéreo se determinó mediante la siguiente formula:

$$\%EE = \frac{\text{Peso del extracto} - \text{peso del blanco}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

#### V.4.1.4 Determinación de cenizas (Método 923.03)

Se pesaron 2 g de la muestra en una cápsula de porcelana previamente tarada. Se dejó carbonizar sobre la flama de un mechero y se llevó a la mufla a 550°C. Se suspendió cuando las cenizas se tornaron blancas (el tiempo varía dependiendo del tipo de muestra). Posteriormente se pasaron a un desecador para enfriar y finalmente registrar el peso. El contenido de cenizas se determinó por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Cenizas} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

## V.4.2 Compuestos bioactivos

### V.4.2.1 Extracción y cuantificación de compuestos fenólicos

#### V.4.2.1.1 Obtención del extracto metanólico

Para la extracción de los compuestos fenólicos, se siguió la metodología descrita por Cardador-Martínez *et al.* (2002b). Se molió finamente 1g de la muestra (tamizado por malla 60), se colocó en un matraz de 50 mL, y se le adicionó 10 mL de metanol. El matraz se protegió de la luz y se mantuvo en agitación por 24 horas a 25°C. Una vez terminado el proceso anterior, las muestras fueron centrifugadas a 5000 g por 10 minutos, el sobrenadante recuperado es el extracto metanólico con el que se realizaron las siguientes cuantificaciones.

#### V.4.2.1.2 Cuantificación de fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales se llevó a cabo por el método sugerido por Singleton y Rossi (1965). Se mezclaron 50 µL del extracto metanólico con 250 µL de agua destilada, posteriormente se les adicionó 125 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1:10), la reacción de oxidación se neutralizó con Carbonato de Sodio (60g/L), posteriormente se dejó en reposo por dos horas, protegiéndose de la luz. La lectura se realizó a una longitud de onda de 760 nm y se compararon los datos con la curva de calibración de ácido gálico (0-80 µg/mL). El contenido de fenoles totales presentes en las muestras se expresó como mg equivalentes de ácido ferúlico por gramo de muestra.

#### V.4.2.1.3 Cuantificación de flavonoides

La cuantificación de flavonoides se efectuó siguiendo la técnica descrita por Oomah *et al.* (2005). Se mezclaron 50 µL de extracto metanólico con 180 µL de agua destilada y 20 µL de una solución de 2-aminoetil-difenilborato al 1% en

metanol. La lectura se realizó a una longitud de onda de 404 nm. Se comparó con la curva estándar de rutina (0-50  $\mu\text{g mL}^{-1}$ ). El contenido de flavonoides presentes en las muestras se expresó como mg equivalentes de rutina por gramo de muestra.

#### V.4.2.1.4 Cuantificación de taninos

La cuantificación de taninos se realizó de acuerdo a la metodología utilizada por Desphande y Cheryan (1987), adaptado a microplaca. Se tomaron 50  $\mu\text{L}$  del extracto metanólico por triplicado y se adicionaron 200  $\mu\text{L}$  de reactivo de vainillina 1% - HCl 8% (1:1). Los taninos condensados son cuantificados a una longitud de onda de 495 y 540 nm, usando como referencia un estándar (+) catequina. Se reportaron como miligramos equivalentes de (+)-catequina por gramo de muestra.

### **V.4.2.2 Fibra total dietaria**

#### V.4.2.2.1 Fibra insoluble

Para la determinación de fibra insoluble, se utilizó la metodología descrita por Shiga *et al.* (2003). En un frasco color ámbar, se agregó 1 g de la muestra pulverizada y previamente desgrasada, 50 mL de buffer de fosfato 0.08 mM a pH 6 y 100  $\mu\text{L}$  de  $\alpha$ -amilasa. Consecutivamente se incubó a 95°C por 30 min en baño María, con agitación continua. Seguidamente, se ajustó el pH a 7.5 con la muestra atemperada. Se adicionó 100  $\mu\text{L}$  de proteasa (5 mg/mL) y se incubó a 60°C por 30 min con agitación continua. Se ajustó el pH a 4 la muestra atemperada. Posteriormente se adicionaron 300  $\mu\text{L}$  de amiloglucosidasa y se incubó 30 min a 60°C con agitación continua. Después de efectuada la incubación se filtró con papel Whatman No. 4, se realizó dos lavados con 15 mL de agua destilada a 60°C, y con 15 mL de etanol al 80%. El papel filtro se dejó secar a 60°C por 24 horas, finalmente se registró el peso obtenido. La diferencia entre el peso del papel filtro se atribuyó como la fracción de fibra insoluble.

#### V.4.2.2.2 Fibra soluble

De acuerdo con el método para la determinación de fibra insoluble (Shiga *et al.*, 2003), el residuo obtenido en el inciso 4.2.2.1 se conservó y se filtró nuevamente, se adicionó un volumen igual de etanol al 80 % y se dejó reposar por 12 horas. Se filtró en papel Whatman No. 42 previamente pesado y se realizaron dos lavados con 15 mL de etanol al 80 % y 2 con 15 mL de acetona. Posteriormente, se dejó secar el papel filtro durante 24 horas a 60°C y finalmente se registró su peso. La diferencia de pesos se interpretó como la fracción de fibra soluble.

#### V.4.2.3 Determinación de almidón resistente

Para la determinación de almidón resistente se siguió la técnica empleada por Saura-Calixto *et al.* (1993) y Shiga *et al.* (2003). Para ello se pesaron 100 mg de la fracción de fibra insoluble y se adicionaron 6 mL de KOH 2M, se agitó continuamente por 30 minutos a temperatura ambiente. Seguidamente, se adicionó 3 mL buffer de acetato 0.4 M y se ajustó el pH a 4.75 con HCl 2N. Posteriormente, se agregó 60 µL de amiloglucosidasa y se incubó por 30 minutos a 60°C con agitación continua. Al finalizar la incubación las muestras se centrifugaron durante 15 minutos a 3000 g, y se retiró el sobrenadante. El precipitado se resuspendió con 10 mL de agua destilada y de nuevo se centrifugó por 15 minutos a 3000 g. El agua de lavado se aforó a 100 mL. El contenido de almidón se calculó por medio de la cuantificación colorimétrica de la glucosa, mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Almidón resistente} = \frac{\text{glucosa} \left( \frac{\mu\text{g}}{\text{mL}} \right) \times \text{Volumen} \times \text{Dilución} \times 100 \times 0.9}{1000 \times \text{peso de la muestra (mg)}}$$

### V.4.3 Determinación de capacidad antioxidante

#### V.4.3.1 Método DPPH.

Esta determinación se llevó a cabo por la técnica propuesta por Fukumoto y Mazza, (2000) adaptado a microplaca. Se añadieron 20  $\mu\text{L}$  de extracto metanólico y 200  $\mu\text{L}$  de solución DPPH en una microplaca. De igual forma, se añadió 20  $\mu\text{L}$  de metanol y 200  $\mu\text{L}$  de DPPH para la solución control. Las muestras se prepararon por triplicado y la lectura se realizó cada 10 minutos durante 90 minutos a una longitud de onda de 540 nm en un lector de Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices). Mediante la ecuación de Burda y Oleszek, (2001), la actividad antiradical o antioxidante, fue calculada como el porcentaje de decoloración de DPPH:

$$\% \text{ Actividad anti-radical} = \frac{\text{Abs muestra}}{\text{Abs control}} \times 100$$

Los valores se compararon con una curva de calibración de Trolox y los resultados se expresaron como capacidad antioxidante, equivalentes de trolox (TEAC) en  $\mu\text{mol}$  equivalentes de trolox/g de muestra.

#### V.4.3.2 Método ABTS

La determinación de actividad antioxidante por el método ABTS 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico) se realizó mediante la técnica descrita por Nenadis *et al.* (2004), en microplaca. Se preparó una solución acuosa 7mM de ABTS y 140 mM de  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ . Se mezclaron 5 mL de la solución de ABTS y 88  $\mu\text{L}$  de la solución de persulfato de potasio. Se cuidó de no exponerlo a la luz durante 12 horas, esperando la generación del radical. Posteriormente, se realizó una dilución, mezclando 500  $\mu\text{L}$  de la solución y de 20-25 mL de etanol. La lectura de la placa se realizó en un lector de Elisa (SPECTRA MAX 190, Molecular Devices) a una longitud de onda de 734 nm.

El porcentaje de inhibición (actividad antioxidante) se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{\text{Abs muestra}}{\text{Abs control}} \times 100$$

Los valores se compararon con una curva de calibración de Trolox y los resultados de capacidad antioxidante se expresaron como  $\mu\text{mol}$  equivalentes de trolox/g de muestra.

#### **V.4.4 Determinación de las propiedades funcionales y de calidad en las botanas**

##### V.4.4.1 Textura

El perfil de textura se determinó mediante un analizador de textura universal (TA XT2) que simula la acción de masticación según el método descrito por Veles, (2004). Las muestras se colocaron sobre un cilindro de acero inoxidable. Se utilizó una sonda de perforación de 0.203 cm de diámetro a una velocidad de 2 mm/s, con distancia de 10 mm y 10 repeticiones. La computadora registró los valores del perfil de textura.

##### V.4.4.2 Color

Para la determinación de color se utilizó un colorímetro portátil (MiniScan de Hunter lab, Reston Virginia, EUA).

##### V.4.4.3 Actividad de Agua

Se utilizó un medidor de actividad de agua Aqualab (EminTech).

## V.5 Análisis sensorial

Se realizaron dos evaluaciones sensoriales. Cada sesión estuvo conformada por 120 participantes con edades entre 18 y 40 años. En cada una de las sesiones se evaluaron dos pruebas: preferencia y agrado (Figura 3 y 4).

En el primer análisis se les proporcionó a los panelistas cuatro botanas obtenidas de las mezclas de maíz y frijol y sometidas a dos tipos de horneado. Las botanas fueron denominadas de la siguiente forma:

- **70/30E**: Botana con 70% de harina de maíz y un 30% de frijol en horno eléctrico.
- **80/20E**: Botana con 80% de harina de maíz y un 20% de frijol en horno eléctrico.
- **70/30G**: Botana con 70% de harina de maíz y un 30% de frijol en horno a gas.
- **80/20G**: Botana con 80% de harina de maíz y un 20% de frijol en horno a gas.

Para el segundo análisis se les proporciono dos botanas, una de ellas seleccionada como la de mayor preferencia en el primer análisis sensorial y otra elaborada de solo maíz.

Para la prueba de agrado, se utilizó una escala hedónica de 7 puntos. Donde: 1=me disgusta extremadamente, 2=me disgusta mucho, 3=me disgusta ligeramente, 4=ni me gusta ni me disgusta, 5=me gusta un poco, 6=me gusta mucho y 7=me gusta extremadamente. Los parámetros evaluados fueron olor, color, sabor, textura y agrado global (ver Figura 3).

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) F ( ) M

Coloque el número de las muestras en el orden en que se encuentran en el plato, después ordene en la siguiente columna de acuerdo a la preferencia. El número 1 indica la muestra de mayor preferencia

No. Muestra	Orden de preferencia

A continuación responda las siguientes preguntas:

- ¿Sabe que ingredientes se están usando para la elaboración del TOTOPO?  
\_\_\_\_\_
- ¿Compraría el TOTOPO que seleccionó?  
( ) SI ( ) NO
- ¿Qué sabor le gustaría que tuviera el TOTOPO?  
\_\_\_\_\_
- ¿Le cambiaría algo al producto?  
( ) SI ( ) NO ¿Qué?  
¿Por qué? \_\_\_\_\_

**Figura 3.** Formato empleado para la prueba sensorial de preferencia.

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo: ( ) F ( ) M MUESTRA: \_\_\_\_\_

**Olor**

Me disgusta extremadamente    Me disgusta mucho    Me disgusta ligeramente    Ni me gusta ni me disgusta    Me gusta un poco    Me gusta mucho    Me gusta extremadamente

**Color**

Me disgusta extremadamente    Me disgusta mucho    Me disgusta ligeramente    Ni me gusta ni me disgusta    Me gusta un poco    Me gusta mucho    Me gusta extremadamente

**Sabor**

Me disgusta extremadamente    Me disgusta mucho    Me disgusta ligeramente    Ni me gusta ni me disgusta    Me gusta un poco    Me gusta mucho    Me gusta extremadamente

**Textura**

Me disgusta extremadamente    Me disgusta mucho    Me disgusta ligeramente    Ni me gusta ni me disgusta    Me gusta un poco    Me gusta mucho    Me gusta extremadamente

**Agrado global**

Me disgusta extremadamente    Me disgusta mucho    Me disgusta ligeramente    Ni me gusta ni me disgusta    Me gusta un poco    Me gusta mucho    Me gusta extremadamente

**Figura 4.** Formato empleado para la prueba sensorial de agrado.



## **V.6 Análisis estadístico**

Para el estudio nutrimental y nutracéutico, los resultados obtenidos se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar. Cada uno de los valores se obtuvieron a partir de tres réplicas de manera independiente y completamente aleatorias. Para la determinación de Textura los obtenidos fueron obtenidos de la media de 10 réplicas. Las diferencias entre las medias se analizaron por el método de Tukey, utilizando el programa JMP 8.1.

Para la evaluación sensorial de las botanas, se aplicó una prueba de preferencia y una de agrado con ayuda de una escala hedónica de siete puntos. La unidad experimental fue de 1 totopo por cada tipo de totopo. Las variables respuestas fueron: olor, color, sabor, textura y agrado global. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Chí cuadrada ( $\chi^2$ ) con un  $\alpha$  de 0.05 a través de la utilización del programa JMP 8.1

## VI. RESULTADOS

### VI.1 Caracterización física de la materia prima.

#### VI.1.1 Índice de flotación y peso de 1000 granos.

Los resultados del índice de flotación y peso de 1000 granos de maíz (*Zea mays L.*) variedad PBN se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Índice de flotación y peso de 1000 granos.

Variedad	Índice de flotación (granos flotantes)	Peso de los 1000 granos (g)
----------	---	--------------------------------

PBN	14.33 ± 1.51	336.42 ± 2.00
-----	--------------	---------------

PBN= Población blanca del noroeste. Los resultados representan la media de tres experimentos independientes ± la desviación estándar

La variedad PBN de maíz presentó un índice de flotación del 14.33% ± 1.51 y un peso de 1000 granos correspondiente a un valor aproximado de 336.4 g. De acuerdo con la norma NMX-FF-034/1-SCFI-2002, estos valores se correlacionan con el fin de conocer el tiempo de cocción del maíz durante su proceso de nixtamalización. De acuerdo a lo datos obtenidos, la variedad PBN se estableció dentro del rango de maíces “duros” correspondiéndole de tal forma un tiempo de cocción de 40 minutos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Índice de dureza para grano y tiempos de nixtamalización.

Granos flotantes	Dureza	Tiempo de cocción (min)
0-12	Muy Duros	45
13-37	Duros	40
38-62	Intermedios	35
63-87	Suaves	30
88-100	Muy Suaves	25

Fuente: NMX-FF-034/1-SCFI-2002

## VI.1.2 Distribución de tamaño de partícula

En el Cuadro 5 se muestra las distribuciones de tamaño de partícula para la harina de maíz nixtamalizado y frijol elaboradas. Los valores representan el porcentaje de harina que pasa por cada malla.

Cuadro 5. Distribución de tamaño de partícula para las harinas de maíz nixtamalizado y frijol común cocido.

No. Malla	Tamaño de partícula ( $\mu\text{m}$ )	Harina de maíz nixtamalizado (%)	Harina de frijol cocido (%)
20	841	16.83 $\pm$ 0.75	19.36 $\pm$ 1.21
30	595	17.75 $\pm$ 0.07	16.39 $\pm$ 0.40
40	420	21.28 $\pm$ 0.66	16.63 $\pm$ 0.83
60	250	25.72 $\pm$ 1.50	9.75 $\pm$ 2.21
80	177	13.85 $\pm$ 3.07	13.43 $\pm$ 7.41
100	140	5.90 $\pm$ 0.09	23.94 $\pm$ 2.06

Los resultados representan la media de tres experimentos independientes  $\pm$  la desviación estándar.

La harina de maíz nixtamalizado y frijol común cocido presentaron en promedio un 53% en tamaño de partículas gruesas (841-420  $\mu\text{m}$ ) y un 47% restante de partículas finas (250-140  $\mu\text{m}$ ). De acuerdo a la norma NMX-F-046-S-1980, para la elaboración de tortillas se requiere harina de maíz que contenga por lo menos un 75% de partículas finas ( $\leq$  250  $\mu\text{m}$ ), lo que proporciona un mayor desarrollo de flexibilidad y cohesión, mientras que para la elaboración de tostadas de maíz y frituras de tortilla es deseable una harina de maíz con altos porcentajes en tamaño de partícula gruesos, ya que se ha reportado que este tamaño de partícula ayuda a promover una textura crujiente (Montemayor y Rubio, 1983). De éstos resultados se puede concluir que la distribución de tamaño de partícula obtenidas para la harina de maíz y frijol son adecuadas para la elaboración de la botana (totopo).

## VI.2 Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en materia prima y harinas.

En el Cuadro 6 se presentan los resultados para el análisis proximal de los granos crudos de maíz y frijol, harina de maíz nixtamalizado, harina de frijol cocido y mezclas de harinas maíz/frijol en porcentaje.

Cuadro 6. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos de materia prima y mezclas de harinas de maíz y frijol.

	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	Carbohidratos (%)
MC	7.14 ± 1.10 <sup>c</sup>	6.96 ± 0.04 <sup>a</sup>	1.21 ± 0.03 <sup>f</sup>	10.05 ± 0.41 <sup>a</sup>	74.63 ± 1.08 <sup>a</sup>
HMN	11.98 ± 0.81 <sup>d</sup>	7.60 ± 0.18 <sup>a</sup>	1.53 ± 0.01 <sup>e</sup>	7.47 ± 0.17 <sup>b</sup>	70.27 ± 0.89 <sup>b</sup>
FC	29.58 ± 1.41 <sup>a</sup>	1.24 ± 0.16 <sup>b</sup>	4.10 ± 0.05 <sup>a</sup>	9.73 ± 0.21 <sup>a</sup>	55.31 ± 1.36 <sup>d</sup>
HFC	29.65 ± 0.38 <sup>a</sup>	1.99 ± 0.41 <sup>b</sup>	3.88 ± 0.05 <sup>b</sup>	7.93 ± 0.21 <sup>b</sup>	56.55 ± 0.92 <sup>d</sup>
M80/20	21.18 ± 0.54 <sup>b</sup>	5.44 ± 0.16 <sup>c</sup>	1.73 ± 0.02 <sup>d</sup>	8.36 ± 1.010 <sup>b</sup>	63.26 ± 1.57 <sup>c</sup>
M70/30	24.09 ± 2.22 <sup>b</sup>	4.89 ± 0.45 <sup>c</sup>	1.92 ± 0.01 <sup>c</sup>	7.98 ± 0.126 <sup>b</sup>	61.10 ± 2.57 <sup>c</sup>

MC=maíz crudo; HMN= Harina de maíz nixtamalizado; FC= frijol crudo; HFC= Harina de frijol cocido; M80/20: mezcla con un 80% de harina de maíz y un 20% de frijol; M70/30: mezcla con un 70% de harina de maíz y un 30% de frijol. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey

De acuerdo a los valores obtenidos (Cuadro 6) no se observó diferencia en cuanto el contenido de proteína entre el frijol crudo y la harina de frijol cocido. El contenido de proteína de la harina de maíz nixtamalizado (HMN) fue del 11.98%, el cual se encuentra por encima de lo reportado por autores como Bello-Pérez *et al.* (2002) y Treviño-Mejía (2013) (7.5% y 9.43%), estos cambios probablemente se deban a la variedad de maíz utilizada en cada caso. En las mezclas maíz/frijol se mostró un incremento en los niveles de proteína para la mezcla 70/30 en comparación con la

80/20, el cual era de esperarse pues la harina de frijol cocido presentó un mayor contenido de proteína (29.65%) que la HMN. Pineda-Rodríguez (2009) y Meza-Rivera (2011) reportaron contenido de proteína para mezclas de harina extrudidas de maíz y frijol variedad Bayo Madero, obteniendo valores más bajos (13.87% y 11.93%) a los reportados en este trabajo (21.18% y 24.09%), dichas diferencias podrían ser debido a la variedad de maíz, la cual difiere en cada estudio, así como por las condiciones agroclimáticas del cultivar de frijol empleado (De Mejía *et al.*, 2003).

El contenido de lípidos presentes en el maíz crudo no presentó una diferencia significativa respecto al nixtamalizado ( $p > 0.05$ ), aun así esta variedad de maíz (PBN) presenta un alto contenido de lípidos (6.96% - 7.60%) respecto a otras variedades comerciales de maíz, quienes varían entre 3% y 6% (Serna-Sáldivar *et al.*, 2010). Preciado-Ortiz *et al.* (2013), evaluaron el perfil de ácidos grasos y la capacidad antioxidante lipofílica de maíces con alto contenido de aceite, así como el utilizado en este trabajo (PBN) y de acuerdo a los resultados obtenidos, el ácido oleico y ácido linoléico representaron aproximadamente entre el 79-85% del total de ácidos grasos evaluados, proporcionando de esta forma un grano de maíz con gran potencial nutracéutico.

El porcentaje de ceniza de la harina de maíz nixtamalizado fue del 1.53% un poco mayor al reportado por Treviño-Mejía (2013) y Flores-Farías *et al.* (2002) (1.20% y 1.35% respectivamente). El contenido de cenizas disminuyó en el frijol cocido en comparación al frijol crudo (de 4.106 a 3.88%), aun así dichos valores son altos en comparación con los obtenidos para el maíz crudo y nixtamalizado, pues las leguminosas se caracterizan por contener mayores niveles de minerales, dependiendo del cultivar y las características agronómicas (Grajales-García *et al.*, 2012).

El mayor contenido de humedad, como era de esperar se presentó en los granos crudos de maíz (10.05%) similar a lo reportado por Narváez-González *et al.* (2006)

(9.3%-10.8%), de igual forma para el frijol crudo (9.73%), mientras que para las harinas obtenidas y la mezclas maíz/frijol no se reportó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). La humedad de la harina de maíz nixtamalizado fue de 7.47%, la cual cumple con los requisitos establecidos en la norma NMX-F-046-S-1980 en la que este valor no debe exceder un 11%. El contenido de carbohidratos para la harina de frijol cocido (56.55%) fue estadísticamente menor que para la harina de maíz nixtamalizado (70.27%), esto es debido a que los cereales son fuente rica de carbohidratos en comparación con las leguminosas (Paredes-López *et al.*, 2006). Por lo tanto, aunque no se presenta una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre las mezclas maíz/frijol, la que contiene un mayor contenido de frijol (70/30) tiende a reducir su nivel de carbohidratos (de 63.26% a 61.10%).

### VI.3 Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en botanas de maíz/frijol y solo maíz.

En el Cuadro 7, se presentan los resultados para el análisis proximal en botanas de maíz frijol y solo maíz.

Cuadro 7. Contenido de proteína, lípidos, cenizas, humedad y carbohidratos en botanas de maíz /frijol y solo maíz.

	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Humedad (%)	Carbohidratos (%)
B80/20	14.62± 0.12 <sup>a</sup>	4.60 ± 0.16 <sup>b</sup>	4.11± 0.19 <sup>a</sup>	3.89± 0.29 <sup>a</sup>	72.78± 0.30 <sup>c</sup>
B70/30	15.36 ± 0.23 <sup>a</sup>	4.30 ± 0.17 <sup>b</sup>	4.34± 0.08 <sup>a</sup>	3.52± 0.14 <sup>a</sup>	72.48± 0.32 <sup>c</sup>
B100	11.97 ± 0.91 <sup>b</sup>	4.99 ± 0.14 <sup>a</sup>	3.63± 0.25 <sup>b</sup>	4.02± 0.19 <sup>a</sup>	75.40± 0.56 <sup>b</sup>
BC	8.55 ± 0.01 <sup>c</sup>	5.04 ± 0.12 <sup>a</sup>	3.45± 0.03 <sup>b</sup>	4.59± 0.87 <sup>a</sup>	78.37± 0.76 <sup>a</sup>

B80/20: Botana con 80% de harina de maíz y 20% de frijol. B70/30: Botana con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana de 100% harina de maíz. BC: Botana comercial (solo maíz). Los resultados representan la media de 3 réplicas ± desviación estándar. (Expresados en base seca). Diferentes letras entre las columnas expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey.

El contenido de proteína incrementó en botanas de maíz nixtamalizadas adicionadas con 20 y 30% de harina frijol cocido (14.62 y 15.36%), estos valores son similares a lo reportado por Atienzo-Lazos *et al.* (2009), quienes formularon botanas a base de mezclas de maíz nixtamalizado y frijol común variedad Bayo Victoria (14.8%). Por su parte, Anton *et al.* (2009)

y Meza-Rivera (2011) reportaron valores menores para proteína (9.47% y 10.15%, respectivamente) en botanas extrudidas de maíz con frijol. Algunas de estas diferencias podrían atribuirse a la pérdida de proteínas durante el proceso de desgrasado de las muestras, pues debido a las propiedades de hidrofobicidad de los lípidos, éstos pueden interactuar con las zonas apolares de las proteínas a través de uniones hidrofóbicas(Lupano, 2013).

El contenido de lípidos para las botanas de maíz adicionadas con harina de frijol cocido (4.3% y 4.6%) fue menor a lo reportado por Meza-Rivera (2011), quien encontró valores entre 11.13% y 11.42% para botanas fritas de maíz y frijol. Éstas diferencias se atribuye principalmente al tipo de cocción empleado, ya que a diferencia de Meza-Rivera (2011) en este trabajo se empleó el horneado el cual se destaca por ser un método de cocción por medio de calor seco, sin impregnación de grasa.

En cuanto al contenido de cenizas, las botanas derivadas de las mezclas maíz/frijol no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), aun así éste fue mayor respecto a las de solo maíz. El contenido humedad no presentó diferencias significativas entre las diferentes botanas ( $p > 0.05$ ). La botana comercial fue la que presentó el mayor contenido de carbohidratos, seguida por la botana elaborada de solo maíz y las derivadas de las mezclas maíz/frijol quienes presentaron contenidos del 72%, estos valores fueron menores a lo reportado por Meza-Rivera (2011) quien encontró valores entre 77 y 78% para botanas extrudidas de maíz/frijol.

## VI.4 Potencial nutracéutico

### VI.4.1 Contenido de compuestos fenólicos en materia prima y harinas.

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del contenido de compuestos fenólicos (taninos condensados, fenoles totales y flavonoides totales) para granos, harinas y sus mezclas.

Cuadro 8. Contenido de taninos condensados, fenoles totales y flavonoides totales en granos, harinas y sus mezclas.

Muestra	Taninos condensados*	Fenoles totales**	Flavonoides totales***
MC	6.07 ± 0.20 <sup>d</sup>	3.75 ± 0.26 <sup>cd</sup>	0.07 ± 0.00 <sup>d</sup>
HMN	5.87 ± 0.21 <sup>d</sup>	2.91 ± 0.11 <sup>d</sup>	0.09 ± 0.01 <sup>c</sup>
FC	8.04 ± 0.52 <sup>b</sup>	6.57 ± 0.48 <sup>a</sup>	0.29 ± 0.02 <sup>a</sup>
HFC	9.56 ± 0.32 <sup>a</sup>	5.14 ± 0.47 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.01 <sup>b</sup>
M80/20	6.74 ± 0.43 <sup>c</sup>	4.02 ± 0.30 <sup>cd</sup>	0.05 ± 0.02 <sup>d</sup>
M70/30	7.09 ± 0.33 <sup>c</sup>	4.14 ± 0.13 <sup>c</sup>	0.07 ± 0.01 <sup>cd</sup>

MC=maíz crudo; HMN= Harina de maíz nixtamalizado; FC= frijol crudo; HFC= Harina de frijol cocido; M80/20: mezcla con un 80% de harina de maíz y un 20% de frijol; M70/30: mezcla con un 70% de harina de maíz y un 30% de frijol. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey. \*mg eq. de (+)-catequina /g de muestra seca; \*\*mg eq. de ácido gálico/g de muestra seca; \*\*\*mg eq. de rutina /g de muestra seca.

La concentración de taninos condensados para el maíz crudo variedad PBN (6.07 ± 0.20 mg equivalentes de (+)-catequina/g muestra) no presentó diferencia significativa respecto a la harina de maíz nixtamalizado con un valor de 5.87 ± 0.21 mg eq. de (+)-catequina/g. Los valores obtenidos para el maíz y su harina fueron mayores al reportado por Treviño-Mejía (2013) (4.67 ± 0.61 mg eq. de (+)-catequina/g muestra) quien evaluó harina de maíz nixtamalizado comercial. Dicha



diferencia se puede atribuir a los cuidados al momento de la elaboración de la harina, así como durante la obtención del extracto metanólico utilizado para la cuantificación. Para el frijol común variedad Bayo Madero crudo, el contenido de taninos condensados encontrado fue de  $8.04 \pm 0.52$  mg eq. de (+)-catequina/g muestra, valor similar a lo reportado por Vergara-Castañeda (2011) y Pineda-Rodríguez (2009) quienes obtuvieron valores de  $7.39 \pm 0.12$  y  $8.15 \pm 0.10$  mg eq. de (+)-catequina/g muestra. Por su parte, la harina de frijol cocido presentó un valor de  $9.56 \pm 0.32$  mg eq. de (+)-catequina/g muestra, valor que se encuentra por encima de lo encontrado por Ramírez-Jiménez (2010) y Treviño-Mejía (2013) ( $5.26 \pm 0.06$  y  $6.00 \pm 0.42$  mg eq (+)-catequina/g). Las diferencias pueden deberse a las condiciones agroclimáticas, además de los diferentes periodos de cosecha (De Mejía *et al.*, 2003; Flórez *et al.*, 2009). Por otro lado, no se presentó diferencias significativa ( $p > 0.05$ ) entre las mezclas derivadas de harina de maíz nixtamalizado y frijol común cocido.

En cuanto a fenoles totales, la mayor concentración fue para el frijol crudo con un contenido de  $6.57 \pm 0.48$  mg eq. de ácido gálico/g muestra, este valor se encuentra por encima de lo reportado por Pineda-Rodríguez (2009) y Vergara-Castañeda *et al.* (2010), quienes obtuvieron valores de  $0.96 \pm 0.06$  mg eq. ácido gálico/g de muestra y  $0.7 \pm 0.1$  mg eq ácido gálico/g de muestra respectivamente. Por otra parte, Treviño-Mejía (2013), reportó un contenido de fenoles para harina frijol mayor ( $9.75 \pm 0.23$  mg eq. de ácido gálico/g muestra). Estas diferencias podrían deberse a errores experimentales durante la cuantificación; ó por otra parte a los periodos de cosecha del cultivar empleado (De Mejía *et al.*, 2003).

La harina de frijol cocido presentó un decremento en el contenido de fenoles totales respecto al frijol crudo ( $5.14 \pm 0.47$  mg eq. de ácido gálico/g muestra), esta disminución se podría atribuir a los cambios térmicos que sufre la harina durante el proceso de cocción y secado, en los cuales ya se ha reportado que dichos procesos pueden afectar el contenido de compuestos fenólicos (Shahidi, 1995). Las

mezclas maíz/frijol M70/30 y M80/20 no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre sí. La adición de frijol común a la harina de maíz nixtamalizado sugiere un mayor potencial nutracéutico debido a su contenido de compuestos fenólicos, los cuales se les ha visto asociado con actividades antioxidantes, antimutagénicas y carcinogénicas (Azevedo *et al.*, 2003; Aparicio-Fernández *et al.*, 2006; Feregrino-Pérez *et al.*, 2008).

En el contenido de flavonoides totales, el maíz crudo variedad PBN presenta un valor de 0.07  $\mu\text{g}$  eq. de rutina/g de muestra seca, dicho valor se encuentra por arriba de lo reportado por Meza-Rivera (2011), quien obtuvo un contenido de 0.03  $\mu\text{g}$  eq. de rutina/g de muestra seca en maíz comercial. Probablemente esta diferencia se deba a la variedad de maíz utilizada en cada caso.

Para el frijol crudo el contenido de flavonoides fue de 0.29 mg eq rutina/g muestra, dicho valor es mucho mayor a lo reportado por Gómez-Palomares (2012) y Meza-Rivera (2011) quienes obtuvieron valores de  $0.093 \pm 0.01$  y  $0.11 \pm 0.01$  mg eq rutina/g muestra, respectivamente. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa entre las mezclas M70/30 y M80/20 ( $p > 0.05$ ). Finalmente, algunos estudios han informado sobre las propiedades biológicas de los flavonoides en los alimentos gracias a su efecto antioxidante, anticancerígeno, antiinflamatorio, cardiovascular, antimutagénico, entre otros (Cardador-Martínez *et al.*, 2002b; Aparicio-Fernández *et al.*, 2005a; Choi *et al.*, 2009).

#### VI.4.2 Contenido de compuestos fenólicos en botanas de maíz/frijol y solo maíz.

En la Figura 5 se presentan los resultados obtenidos del contenido de taninos condensados, para botanas elaboradas de mezclas maíz/frijol, solo maíz y comercial.

La botana elaborada con 30% de harina de frijol (B70/30) presentó el mayor contenido de taninos condensados (6.52 mg eq. de (+)-catequina /g muestra), respecto a la adicionada con 20% de frijol (B80/20) y a las de solo maíz. Algunos estudios han reportado que los taninos condensados son los compuestos fenólicos predominantes en las semillas de leguminosas principalmente en lentejas, frijol de soja pigmentada y frijol común, confiriéndoles propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Amarowicz *et al.*, 2004; Aparicio-Fernández *et al.*, 2005); de ésta forma la botana elaborada en éste estudio adquiere potencial nutracéutico. Las botanas de sólo de maíz, tanto la elaborada como la comercial no reportaron diferencia significativa entre sus datos ( $p > 0.05$ ).

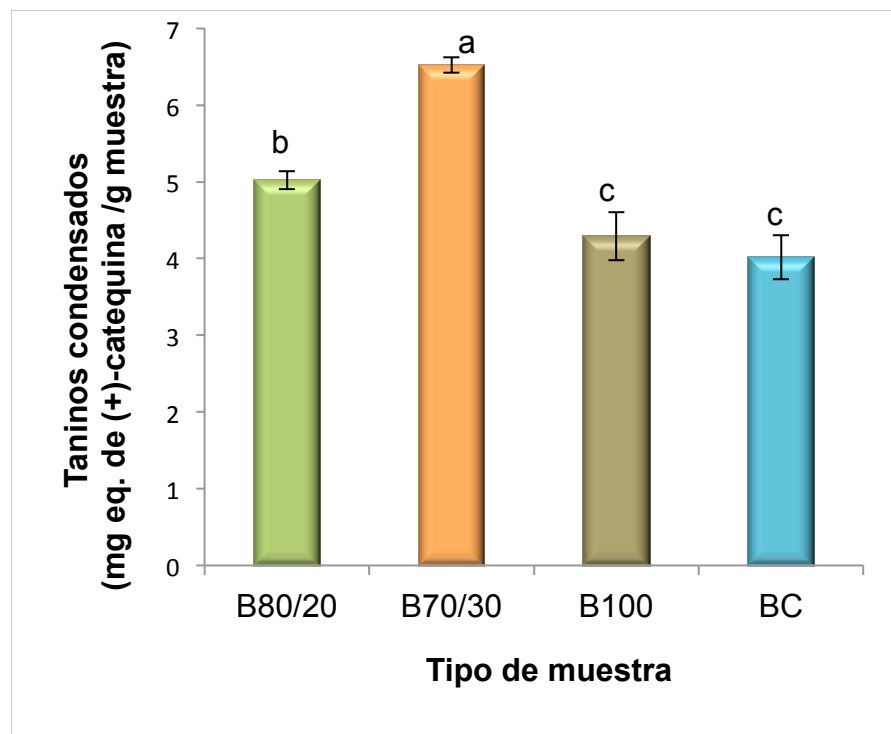
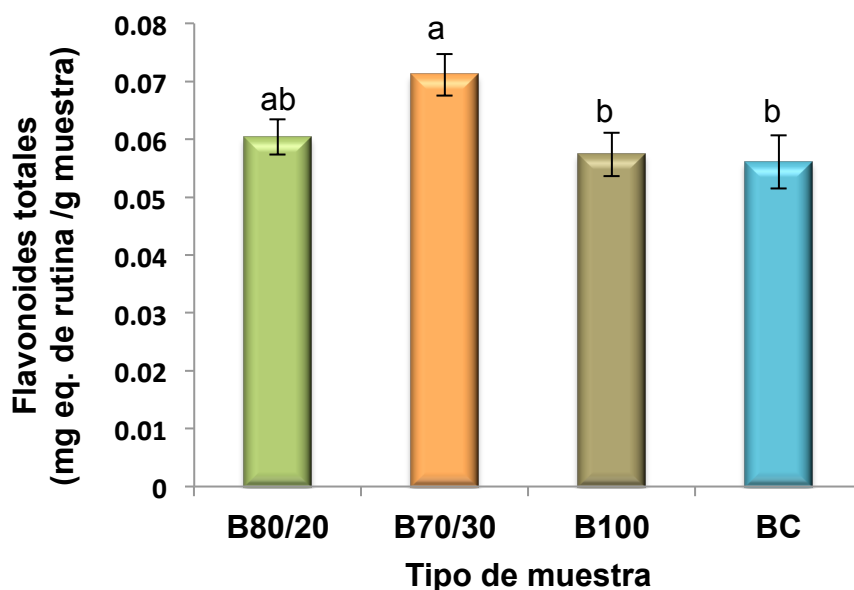


Figura 5. Contenido de taninos condensados en botanas maíz/frijol y solo maíz.

Los resultados representan la media de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar. Diferentes letras entre las barras expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey. B80/20: Botana con 80% de harina de maíz y 20% de frijol. B70/30: Botana con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana de 100% harina de maíz. BC: Botana comercial (solo maíz).

El contenido de flavonoides totales evaluados en las botanas elaboradas de harinas de maíz y frijol y solo maíz se presenta en la Figura 6. Las botanas

adicionadas con 20 y 30% de frijol no presentaron diferencias significativas entre sí ( $p > 0.05$ ). La botana elaborada con 30%, presentó un valor de  $0.07 \pm 0.01$  mg eq. de rutina/g muestra y para la del 20% fue de  $0.05 \pm 0.01$  mg eq. de rutina /g muestra; estos valores se encuentran por encima de lo reportado por Meza-Rivera (2011), quien evaluó el contenido de flavonoides totales en botanas de harinas extrudidas de maíz y frijol, presentando valores para mezclas con 20% y 30% de harina de frijol de 0.02 y 0.03 mg eq. rutina/ g muestra, respectivamente.

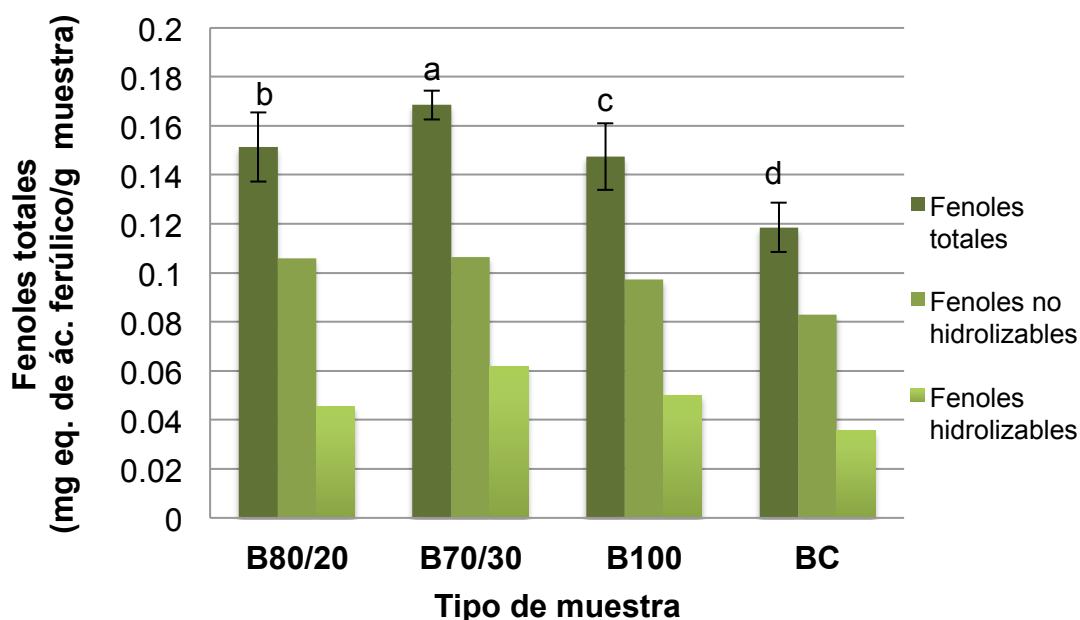


**Figura 6.** Contenido de flavonoides totales en botanas de maíz/frijol y solo maíz.

Los resultados representan la media de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar. Diferentes letras entre las barras expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey. B80/20: Botana con 80% de harina de maíz y 20% de frijol. B70/30: Botana con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana de 100% harina de maíz. BC: Botana comercial (solo maíz).

Ramírez-Jiménez (2010) y Treviño-Mejía (2013), desarrollaron productos con un contenido hasta del 30% de harina de frijol (barra avena/frijol y tortilla de maíz/frijol respectivamente), encontrando valores mayores de flavonoides totales a los reportados en este trabajo ( $5.64 \pm 0.51$  y  $22$  mg eq. rutina/g muestra). Estas diferencias se pueden atribuir a los procesos térmicos, condiciones de almacenamiento los cuales varían significativamente debido a que son productos diferentes al obtenido en este trabajo. En la Figura 7, se presenta el contenido de

fenoles totales de botanas elaboradas de harina de maíz nixtamalizado y frijol cocido y solo maíz.



**Figura 7.** Contenido de fenoles totales en botanas de maíz/frijol y solo maíz.

Los resultados representan la media de 3 réplicas  $\pm$  desviación estándar. Diferentes letras entre las barras expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey. B80/20: Botana con 80% de harina de maíz y 20% de frijol. B70/30: Botana con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana de 100% harina de maíz. BC: Botana comercial (solo maíz).

El mayor contenido de compuestos fenólicos se presentó en B70/30, con un valor de  $0.17 \pm 0.01$  mg eq. de ácido ferúlico/ g muestra, seguido por B80/20 la cual fue de  $0.15 \pm 0.01$  mg eq. ácido ferúlico/g muestra; éstos valores son mayores a los reportados por Meza-Rivera quien encontró valores de 0.04 y 0.05 mg eq. ácido ferúlico/g muestra en botanas extrudidas con 20 y 30% de harina de frijol respectivamente. Se ha reportado que el proceso tradicional de nixtamalización frente a procesos como la extrusión, libera de manera más eficiente el contenido de ácido ferúlico libre (Mora-Rochin *et al.*, 2010), por lo tanto las botanas realizadas en este trabajo pudieran estar generando un mayor contenido de ácido ferúlico libre que las obtenidas mediante el proceso de extrusión. De la Parra *et al.* (2007), reportaron valores de fenoles totales en totopos de maíz blanco de 0.6 mg eq. ácido ferúlico/g muestra, dicho es mayor a lo reportado en este trabajo para totopos de

solo maíz (0.12 - 0.13 mg ácido ferúlico/g muestra); las diferencias pueden ser atribuidas al tipo de cultivar utilizado para elaborar cada producto, así como a los diferentes procesos de extracción y medición de los compuestos fenólicos (Flórez *et al.*, 2009).

#### VI.4.3 Capacidad antioxidante en materia prima, harinas y botanas.

En el Cuadro 9 se presenta la capacidad antioxidante del extracto metanólico de granos, harinas y mezclas de harinas maíz y frijol, determinada mediante los métodos de DPPH y ABTS.

**Cuadro 9.** Capacidad antioxidante en granos, harinas y sus mezclas.

Muestra	DPPH		ABTS	
	%ARA <sup>1</sup>	TEAC <sup>2</sup>	%ARA <sup>1</sup>	TEAC <sup>2</sup>
MC	37.10 ± 4.37 <sup>bc</sup>	2.82 ± 0.36 <sup>bc</sup>	49.56 ± 1.32 <sup>b</sup>	3.91 ± 0.12 <sup>b</sup>
HMN	27.10 ± 4.04 <sup>c</sup>	2.00 ± 0.33 <sup>c</sup>	38.63 ± 0.67 <sup>d</sup>	2.54 ± 0.06 <sup>d</sup>
FC	56.95 ± 7.41 <sup>a</sup>	4.45 ± 0.61 <sup>a</sup>	64.00 ± 1.87 <sup>a</sup>	4.86 ± 0.17 <sup>a</sup>
HFC	48.15 ± 2.92 <sup>ab</sup>	3.73 ± 0.24 <sup>ab</sup>	54.87 ± 1.31 <sup>b</sup>	4.03 ± 0.12 <sup>b</sup>
M80/20	28.40 ± 2.23 <sup>c</sup>	2.11 ± 0.18 <sup>c</sup>	39.80 ± 1.06 <sup>cd</sup>	2.65 ± 0.10 <sup>cd</sup>
M70/30	29.42 ± 3.03 <sup>c</sup>	2.19 ± 0.25 <sup>c</sup>	42.64 ± 1.41 <sup>c</sup>	2.91 ± 0.13 <sup>c</sup>

MC=maíz crudo; HMN= Harina de maíz nixtamalizado; FC= frijol crudo; HFC= Harina de frijol cocido; M80/20: mezcla con un 80% de harina de maíz y un 20% de frijol; M70/30: mezcla con un 70% de harina de maíz y un 30% de frijol. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey. <sup>1</sup> Capacidad antiradical expresada como equivalentes de trolox. <sup>2</sup> Capacidad antioxidante expresada como equivalentes de trolox ( $\mu$ moles equivalentes trolox/g muestra)

A pesar de que se presentan diferencias entre los resultados obtenidos por cada uno de los métodos (ABTS y DPPH), se observa una tendencia muy similar en cada una de las muestras analizadas. La mayor capacidad antioxidante se encontró en el frijol crudo con un valor de 4.45 ± 0.61  $\mu$ moles equivalentes trolox/g muestra, este dato es similar con lo reportado por Treviño-Mejía (2013), quien encontró valores de 4.12 ± 0.20  $\mu$ moles equivalentes trolox/g muestra para frijol crudo variedad Bayo

Madero. La harina de frijol cocido presentó una mayor capacidad antioxidante que la harina de maíz nixtamalizado, ésta diferencia podría atribuirse al contenido de compuestos fenólicos los cuales se presentan mayoritariamente en el frijol, sin embargo hay que tener en cuenta que a pesar de que existe una relación significativa entre la capacidad antioxidante y el contenido total fenólicos, los compuestos fenólicos no son los únicos contribuyente a las propiedades antioxidantes (Dudonné *et al.*, 2009). Por otro lado, algunas ventajas a cerca de la cocción de granos oscuros como el frijol han sido reportadas: mejoras en la digestión y absorción a nivel intestinal, así como el mantenimiento al mismo tiempo su capacidad antioxidante durante el proceso oxidativo a nivel celular (López *et al.*, 2013).

En el Cuadro 10, se presenta la capacidad antioxidante del extracto metanólico para botanas de maíz/frijol y solo maíz.

**Cuadro 10.** Capacidad antioxidante en botanas de maíz/frijol y solo maíz.

Muestra	DPPH		ABTS	
	%ARA <sup>1</sup>	TEAC <sup>2</sup>	%ARA <sup>1</sup>	TEAC <sup>2</sup>
B80/20	23.54 ± 2.00 <sup>ab</sup>	1.18 ± 0.18 <sup>ab</sup>	32.22 ± 1.31 <sup>ab</sup>	2.40 ± 0.11 <sup>ab</sup>
B70/30	25.90 ± 3.04 <sup>a</sup>	1.39 ± 0.27 <sup>a</sup>	34.93 ± 1.15 <sup>a</sup>	2.63 ± 0.10 <sup>a</sup>
B100	23.37 ± 1.31 <sup>ab</sup>	1.17 ± 0.38 <sup>b</sup>	30.33 ± 0.79 <sup>b</sup>	2.24 ± 0.07 <sup>bc</sup>
BC	17.84 ± 1.69 <sup>b</sup>	0.67 ± 0.15 <sup>c</sup>	28.91 ± 2.80 <sup>b</sup>	2.02 ± 0.08 <sup>c</sup>

B80/20: Botana con 80% de harina de maíz y 20% de frijol. B70/30: Botana con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana de 100% harina de maíz. BC: Botana comercial (solo maíz) Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey .<sup>1</sup> Capacidad antirradical expresada como equivalentes de trolox. <sup>2</sup> Capacidad antioxidante expresada como equivalentes de trolox ( $\mu$ moles equivalentes trolox/g muestra)

De acuerdo con los resultados obtenidos, la botana con 30% de frijol presentó una capacidad antioxidante a través del método DPPH de 1.39 ± 0.27  $\mu$ moles equivalentes trolox/g muestra, éste valor es mayor a lo reportado por Anton *et al.* (2009), quienes determinaron la capacidad antioxidante de botanas derivadas

de mezclas extrudidas maíz/frijol por el método de DPPH con valores de TEAC de 0.28 a 0.45  $\mu\text{mol eq}$  de trolox/g muestra. Estas diferencias podrían ser atribuidas al proceso de freído al que fueron sometidas las botanas el cual podría haber afectado su actividad antioxidante. De igual forma, los valores de TEAC obtenidos por el método de ABTS para las botanas nixtamalizadas derivadas de las mezcla B70/30 y B80/20 fueron mayores que los encontrados por Meza-Rivera (2011) (1.54 y 1.65  $\mu\text{moles equivalentes trolox/g}$  muestra respectivamente) para ambas mezclas en botanas extrudidas.

#### VI.4.4 Contenido de fibra dietaria y almidón resistente

En el Cuadro 11, se presenta el contenido de fibra dietaria total, tanto soluble como insoluble y almidón resistente en materia prima.

Cuadro 11. Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y almidón resistente en materia prima.

Muestra	Fibra total (%)	Fibra insoluble (%)	Fibra soluble (%)	Almidón resistente (%)
HMN	7.05 $\pm$ 0.34 <sup>b</sup>	6.02 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	1.03 $\pm$ 0.01 <sup>b</sup>	2.42 $\pm$ 0.29 <sup>b</sup>
HFC	29.31 $\pm$ 0.90 <sup>a</sup>	22.78 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>	6.53 $\pm$ 0.48 <sup>a</sup>	16.74 $\pm$ 0.52 <sup>a</sup>

HMN= Harina de maíz nixtamalizado; HFC= Harina de frijol cocido. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey.

La harina de frijol cocido (HFC) presenta un porcentaje mayor tanto de fibra total dietaria como de almidón resistente (AR) respecto a la harina de maíz nixtamalizado. Algunos estudios han reportado que una dieta alta en fibra dietaria proveniente de plantas conlleva un menor riesgo de otras enfermedades crónicas como enfermedades cardiovasculares y diabetes (Kutos *et al.*, 2003; Pereira *et al.*, 2004). Reynoso-Camacho *et al.* (2007), reportaron que la fibra dietaria del frijol contribuyó con la reducción de cáncer de colon en ratas Sprage-Dawley. El mecanismo protector que confiere la fibra, funciona incrementando el volumen de



heces, reduciendo el tiempo de tránsito intestinal y disminuyendo el contacto de carcinógenos y procarcinógenos en la materia fecal con la mucosa del colon (James, 2003). Al ser fermentada por la microflora, produce ácidos grasos de cadena corta que promueven la actividad quimiopreventiva además de atrapar ciertas sales biliares con potencial carcinogénico (Yickyun *et al.*, 2005; Campos-Vega *et al.*, 2012).

De igual forma, algunos estudios han señalado los grandes beneficios que implica un contenido alto de AR. Entre estos se puede señalar la disminución de la respuesta glicémica e insulinémica post-prandiales (Vargas-Torres *et al.*, 2004), disminución de los niveles de colesterol sanguíneo, del riesgo de cáncer de colon y enfermedades cardiovasculares, (Paredes-López y Valverde, 2006). Además se ha sugerido que es un coadyuvante en la pérdida de peso (Higgins *et al.*, 2004).

El contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y almidón resistente de botanas de maíz/frijol y solo maíz se presentan en el Cuadro 12.

**Cuadro 12.** Contenido de fibra dietaria total, soluble e insoluble y almidón resistente en botanas elaboradas de maíz/frijol y solo maíz.

Muestra	Fibra total (%)	Fibra insoluble (%)	Fibra soluble (%)	Almidón resistente (%)
B80/20	17.75 ± 0.72 <sup>b</sup>	15.45 ± 0.65 <sup>b</sup>	2.30 ± 0.54 <sup>bc</sup>	10.62 ± 0.29 <sup>b</sup>
B70/30	20.47 ± 0.91 <sup>a</sup>	17.94 ± 0.86 <sup>a</sup>	2.53 ± 0.11 <sup>b</sup>	11.83 ± 0.45 <sup>a</sup>
B100	10.84 ± 0.71 <sup>d</sup>	9.22 ± 0.59 <sup>c</sup>	1.63 ± 0.12 <sup>c</sup>	6.91 ± 0.54 <sup>c</sup>
BC	12.41 ± 0.70 <sup>c</sup>	9.09 ± 0.81 <sup>c</sup>	3.32 ± 0.12 <sup>a</sup>	7.04 ± 0.32 <sup>c</sup>

B80/20: Botana elaborada con 80% de harina de maíz y 20% de frijol; B70/30: Botana elaborada con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana control, elaborada 100% harina de maíz; BC: Botana comercial. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey.

En cada una de las botanas evaluadas se encontró que el mayor porcentaje de fibra, estaba representado en su mayoría por la fibra insoluble. La B70/30 presentó el mayor contenido de fibra total dietaria, aumentando hasta un 14% más que la B80/20 y entre un 40 y 50 % más que las elaboradas de solo maíz. Este comportamiento es semejante a lo reportado por Grajales-García *et al.* (2012) y Treviño-Mejía (2013), quienes informaron un incremento entre un 50-57% del porcentaje de fibra dietaria en tortillas de maíz utilizando un 30% harina de frijol cocido. El mayor contenido de fibra soluble se encontró en la botana comercial, esto puede sugerir la adición de gomas o polisacáridos, ya que se desconoce su formulación. Flores-Farías *et al.* (2002), caracterizaron tres harinas comerciales de maíz nixtamalizado, encontrando entre los aditivos goma aguar y goma xantana. Los mayores porcentajes de almidón resistente (AR) se encontraron en las botanas adicionadas con frijol (B70/30 y B80/20), a diferencia de la elaborada con solo maíz y comercial. Treviño-Mejía (2013) reporta un incremento de 1.13 a 3.31 % de AR, en este trabajo se obtuvo un incremento de botanas elaboradas de solo maíz de 6.91% hasta de 11.83% en botanas de maíz adicionadas con frijol. El incremento de AR, reportado en este trabajo se podría atribuir al tratamiento térmico empleado el cual difiere del utilizado en la obtención de la tortilla (Bello-Pérez y Paredes-López, 2009).

## **VI.5 Propiedades funcionales y de calidad en botanas**

### **VI.5.1 Actividad de agua, humedad y textura.**

La actividad de agua es uno de los indicadores de la fracción de agua libre del alimento, dependiendo del contenido se pueden llevar a cabo diversas reacciones bioquímicas que afectan su estabilidad (Badui, 2006).

Los resultados para actividad de agua y textura de botanas derivadas de las mezclas maíz/frijol y solo maíz se presentan en el Cuadro 13.

**Cuadro 13.** Contenido de la actividad de agua y textura (fuerza de compresión) en botanas

	Actividad de agua (Aw)	Humedad (%)	Textura (N)
B80/20	0.284 ± 0.002 <sup>b</sup>	3.89± 0.29 <sup>a</sup>	4.52 ± 0.45 <sup>c</sup>
B70/30	0.281 ± 0.002 <sup>b</sup>	3.52± 0.14 <sup>a</sup>	5.31 ± 0.45 <sup>b</sup>
B100	0.289 ± 0.005 <sup>b</sup>	4.02± 0.19 <sup>a</sup>	4.66 ± 0.53 <sup>c</sup>
BC	0.326 ± 0.006 <sup>a</sup>	4.59± 0.87 <sup>a</sup>	6.84 ± 0.78 <sup>a</sup>

B80/20: Botana elaborada con 80% de harina de maíz y 20% de frijol; B70/30: Botana elaborada con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana elaborada 100% harina de maíz; BC: Botana comercial. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar (Para textura los valores son la media de 10 réplicas ± DE, N: Newton). Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey.

Según el análisis estadístico existe diferencia significativa ( $p<0.05$ ) para el contenido de actividad de agua entre las diferentes botanas. La botana comercial presentó el mayor contenido de actividad de agua ( $0.326 \pm 0.006$ ), mientras la botana con 30% de frijol el menor contenido ( $0.281 \pm 0.002$ ). Sin embargo, estos contenidos se encuentran dentro del intervalo de alimentos con baja actividad de agua ( $\leq 0.6$ ). A menor actividad de agua de un alimento, mayor es su tiempo de vida útil. Los productos con baja actividad de agua en general, tienen una textura seca y crujiente, no obstante si aumenta se reblandecen y dan lugar a productos menos apreciados por los consumidores (Badui, 2006). De lo anterior podemos inferir que es importante considerar el tipo de empaque y almacenamiento de las botanas.

En cuanto a textura (Cuadro 13), el estadístico indica que existe diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre las diferentes muestras. La botana comercial es la que exhibe una mayor fuerza de compresión (6.84 N), seguida por la botana con 30% de frijol, quien presenta un valor de 5.31 N, éste resultado es similar a lo reportado por Xu y Kerr (2012) quienes encontraron valores de 5.37 N en chips de maíz fritos. Por su parte Meza-Rivera (2011) reportó valores por encima a los encontrados en este trabajo (11.45 N) en botanas derivadas de mezclas extrudidas de maíz con 30% harina de frijol. Estas diferencias pudieran ser atribuidas a los diferentes

procesos térmicos llevados a cabo para la obtención de la botana. La aplicación de tratamientos térmicos que implican calentamiento hacen que las moléculas de almidón se gelatinicen y se formen geles termodinámicamente inestables, posteriormente en el enfriado y almacenamiento las cadenas de almidón se reorganizan y forman nuevas estructuras, alterando atributos como la textura y vida de anaquel del alimento, este fenómeno es conocido como retrogradación (Bello-Pérez y Paredes-López, 2009).

### VI.5.2 Color

En el Cuadro 14 se muestran los resultados para el análisis de color de las diferentes botanas. Los parámetros evaluados fueron la luminosidad ( $L^*$ ), definida como el atributo perceptual que evalúa la sensación visual de claro a oscuro de un color; la coordenada  $a^*$  que indica la sensación de rojo a verde y la coordenada  $b^*$  que indica la sensación de amarillo a azul. El Cromo ( $C^*$ ), atributo de una percepción visual que evalúa la sensación visual “débil a fuerte” o “pálido a intenso” de un color y finalmente  $h^*$  tono ( $h^*$ , del inglés hue), que se define como la sensación visual según el cual una región se asemeja a uno de los colores percibidos: rojo, amarillo, verde y azul, o a una combinación de dos de ellos (Montesinos, 2003).

**Cuadro 14.** Parámetros de color evaluados en botanas elaboradas de harinas de maíz/frijol y solo maíz.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h$
B80/20	56.79 ±2.34 <sup>a</sup>	4.52 ±0.25 <sup>a</sup>	18.62 ±0.86 <sup>b</sup>	19.16±0.89 <sup>b</sup>	76.37±0.35 <sup>a</sup>
B70/30	57.60 ±6.94 <sup>a</sup>	4.30 ±0.33 <sup>a</sup>	17.63 ±0.88 <sup>b</sup>	17.98±0.90 <sup>b</sup>	78.79±0.93 <sup>a</sup>
B100	55.51 ±5.86 <sup>a</sup>	3.83 ±0.66 <sup>b</sup>	20.86 ±2.09 <sup>b</sup>	21.32±2.13 <sup>b</sup>	78.19±0.82 <sup>a</sup>
BC	55.64 ±13.24 <sup>a</sup>	3.51 ±0.34 <sup>b</sup>	27.47± 2.44 <sup>a</sup>	28.28±2.69 <sup>a</sup>	76.82±4.29 <sup>a</sup>

B80/20: Botana elaborada con 80% de harina de maíz y 20% de frijol; B70/30: Botana elaborada con 70% de harina de maíz y 30% de frijol. B100: Botana control, elaborada 100% harina de maíz; BC: Botana comercial. Los resultados son la media de 3 réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras en la misma columna expresan diferencias significativas  $\alpha=0.05$  en las pruebas de Tukey.

El parámetro luminosidad ( $L^*$ ) no presentó diferencias significativa ( $p > 0.05$ ), en las diferentes botanas. La botana elaborada de solo maíz (B100) presentó un valor de luminosidad de 55.51, éste concuerda con lo reportado por Xu y Kerr (2012) quienes encontraron valores de  $L^*$  de 55.9 en chips de maíz fritos. El valor de la coordenada  $a^*$  fue mayor en las botanas B80/20 y B70/30, esta tendencia podría deberse al contenido de harina de frijol, pues a medida que aumenta proporciona un color más café-rojizo en las botanas. Con los datos de  $a^*$  y  $b^*$  se determinó que las botanas B80/20 y B70/30 quedaron entre el color amarillo y rojo, a diferencia de las B100 y BC, donde el valor de  $b^*$  fue mayor, es decir que dichas botanas se encuentran alrededor del color amarillo. Finalmente el valor de  $C^*$  va disminuyendo significativamente ( $p < 0.05$ ) conforme aumenta el contenido de harina de frijol en las botanas, mientras el parámetro  $h^*$ , se mantiene constante.

## **VI.6 Estudio sensorial**

### **VI.6.1 Primera evaluación sensorial**

Se realizó una prueba hedónica nivel de agrado y preferencia, la finalidad de este análisis fue descartar las botanas de menor aceptación y pasar a una posterior etapa (estudio nutrimental y nutracéutico) con la de mayor agrado y preferencia. No se incluyeron botanas de solo maíz debido a que ésta podría ocasionar ruido en el análisis.

#### **VI.6.1.1 Prueba hedónica de agrado**

Los resultados fueron analizados con ayuda de la prueba estadística Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) con un valor de  $\alpha$  de 0.05. Se presentan gráficas de mosaicos, arrojadas por el paquete estadístico, las categorías de agrado se enumeran en una escala 1 al 7. Dónde: 1=me disgusta extremadamente, 2=me disgusta mucho, 3=me disgusta ligeramente, 4=ni me gusta ni me disgusta, 5=me gusta un poco, 6=me gusta mucho y 7=me gusta extremadamente. Los parámetros evaluados fueron olor, color, sabor, textura y agrado global.

En la Figura 8 se presentan los resultados obtenidos respecto al olor. Se observa que la mayoría de los panelistas eligieron entre las categorías 4, 5 y 6, que van desde ni me gusta, ni me disgusta hasta me gusta mucho. Existe diferencia significativa entre las botanas ( $p < 0.05$ ). Los panelistas no presentaron comentarios de ningún tipo respecto al olor. Por lo que puede sugerir que en términos generales el totopo adicionado de frijol puede ser aceptable por el consumidor.

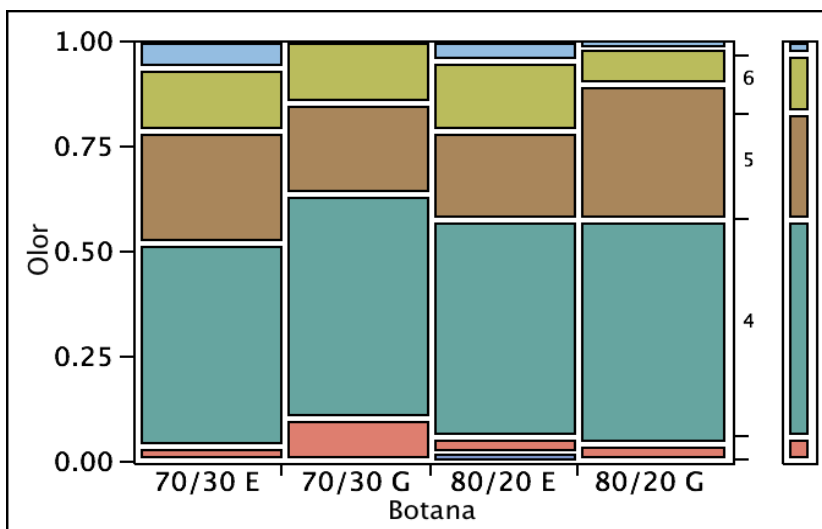


Figura 8. Frecuencia del nivel de agrado para la variable olor (en proporción)  
( $p 0.0107$ )

Los resultados para el color se presentan en la Figura 9. De acuerdo a la prueba empleada, no se reportaron diferencias significativas entre las botanas ( $p > 0.05$ ). La mayor proporción se encontró en la categoría 4 (ni me gusta ni me disgusta). Aunque la botana 70/30G (horneada a gas) es la que presenta una mayor proporción en la categoría 1 (me disgusta extremadamente), algunos de los comentarios de los panelistas de dicha botana fueron: “el color está muy oscuro y da apariencia de estar quemada; “el color no es atractivo”.

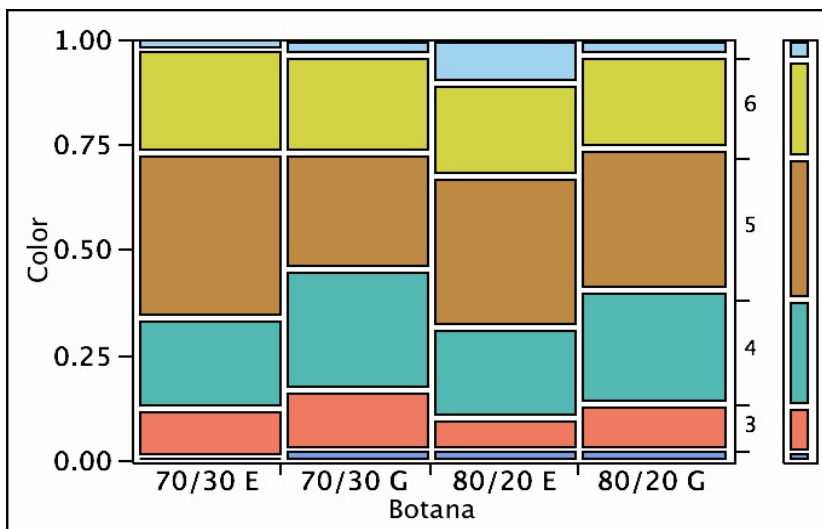


Figura 9. Frecuencia del nivel de agrado para la variable color (en proporción)  
(valor  $p$  0.1969)

En la Figura 10 se muestran los resultados para el sabor. Las categorías de agrado varían desde me disgusta ligeramente (3), hasta me gusta extremadamente (7). Según la prueba estadística existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las botanas. La botana con 30% de frijol y horneada a gas (70/30G), fue la que presentó una mayor proporción de la categoría 3 (me disgusta ligeramente), a diferencia de la botana con 30% frijol en horno eléctrico (70/30E) que presentó una mayor proporción en la categoría 6 (me gusta mucho). Por lo tanto se infiere que el horneado a gas afecta de manera negativa el sabor de la botana a diferencia del horneado eléctrico a pesar de ser botanas derivadas de la misma mezcla.

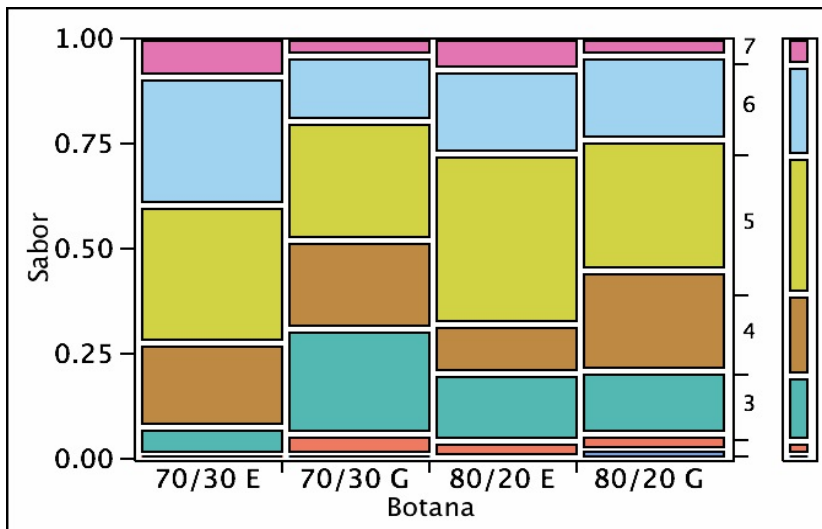


Figura 10. Frecuencia del nivel de agrado para la variable sabor (en proporción)  
(valor  $p$  0.0028)

En la Figura 11, se presentan los resultados para textura. De acuerdo a la prueba estadística existe diferencia significativa entre las botanas ( $p < 0.05$ ). Las categorías de mayor proporción son 5 y 6 (me gusta un poco y me gusta mucho). Por lo tanto, los resultados indican que la textura de las botanas se encuentran dentro del agrado de los panelistas.

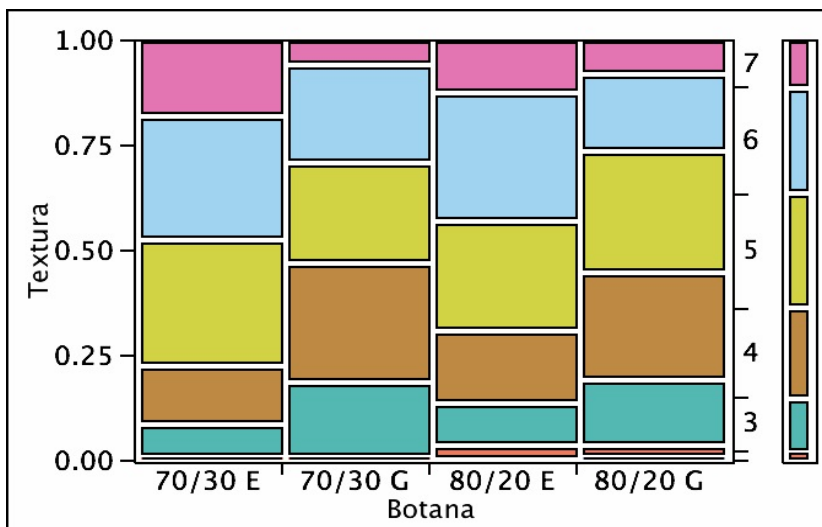


Figura 11. Frecuencia del nivel de agrado para la variable textura (en proporción)  
(valor  $p$  0.0095)



Para el agrado global, los resultados se presentan en la Figura 12. La prueba estadística indica que existe diferencia significativa entre las botanas ( $p < 0.0001$ ). Todas las botanas muestran similar proporción en la categoría 5 (me gusta poco), aunque las botanas 70/30E y 80/20E son las que exhiben mayor proporción en las categorías 6 y 7 (me gusta mucho y extremadamente). De lo anterior podemos deducir que las botanas que fueron de mayor agrado fueron las obtenidas mediante el empleo de horno eléctrico, lo cual las hace independiente de la proporción de la mezcla.

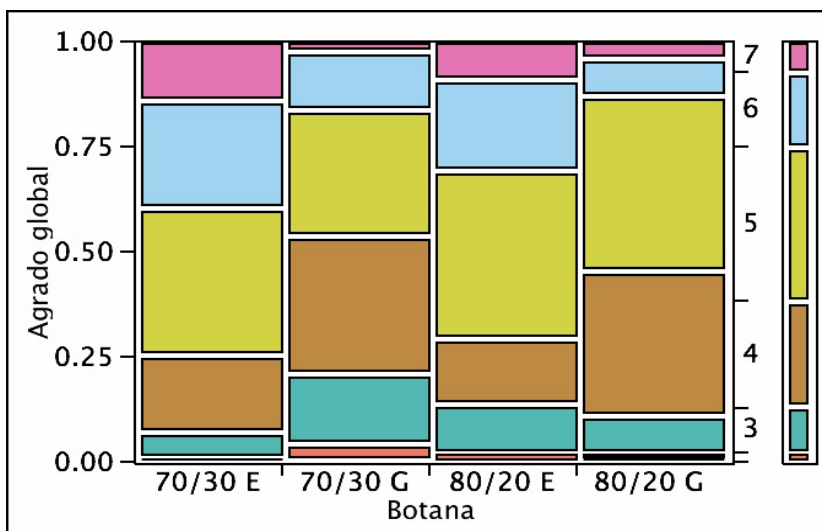


Figura 12. Frecuencia del nivel de agrado para la variable agrado global (en proporción)

### VI.6.1.2 Prueba de preferencia

Los resultados de la prueba de preferencia se presenta en la Figura 13, para este caso el número 1 representa la categoría de mayor preferencia. De acuerdo a la prueba estadística Chi cuadrado ( $\chi^2$ ) existe diferencia significativa entre la preferencia de cada una de las botanas ( $p < 0.0001$ ). La botana con mayor proporción en la categoría 1, es la botana 70/30E, seguida de la botana 80/20E, 80/G y finalmente la 70/30G. Por lo tanto la botana de mayor preferencia por los

consumidores fue la 70/30E (70% harina de maíz y 30% harina de frijol cocido horneada en horno eléctrico).

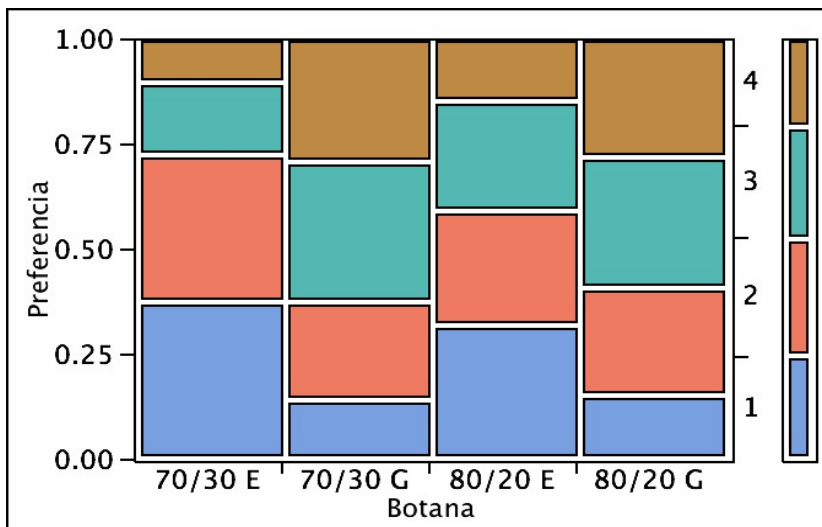


Figura 13. Frecuencia del nivel de preferencia (en proporción)

## VI.6.2 Segunda evaluación sensorial

Se realizó una segunda prueba sensorial con el objetivo de comparar si la botana de maíz y frijol (70/30), elegida de mayor preferencia en la evaluación sensorial 1, tendría una aceptación similar al compararla contra una botana de solo maíz (100), las cuales se encuentran comúnmente en el mercado. A continuación se reportan los resultados para las pruebas sensoriales realizadas:

### VI.6.2.1 Prueba hedónica de agrado

En la Figura 14, se presentan los resultados para el olor. La prueba estadística indica que existe diferencia significativa entre la botana 70/30 y la de solo maíz (100) ( $p < 0.0001$ ). Para algunos panelistas la botana de solo maíz tenía un olor más fuerte a maíz, la cual la hacía más atractiva al olfato.

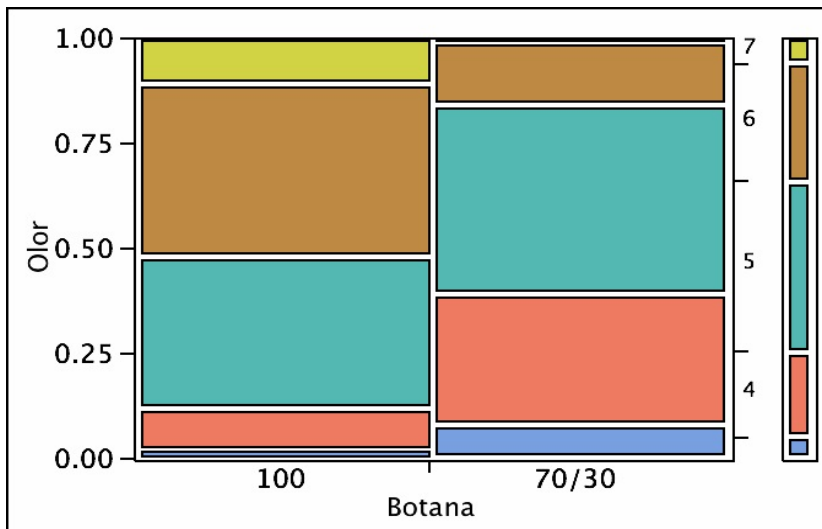


Figura 14. Frecuencia del nivel de agrado para la variable olor (en proporción)

Para la variable color, los resultados se presentan en la Figura 15. Se observa que la botana de solo maíz (100) presenta una mayor proporción en la categoría 6 (me gusta mucho), respecto a la botana de maíz con frijol. La prueba estadística sugiere que existe diferencia significativa entre las botanas ( $p < 0.0001$ ). Dichas diferencias se podrían atribuir a que la botana 70/30 presenta un color más oscuro, debido a la adición de harina de frijol, el cual no es común para los consumidores en este tipo de productos (totopos), a diferencia de las de maíz, en las que el consumidor ya se encuentra habituado. Sin embargo entran dentro del intervalo de aceptación.

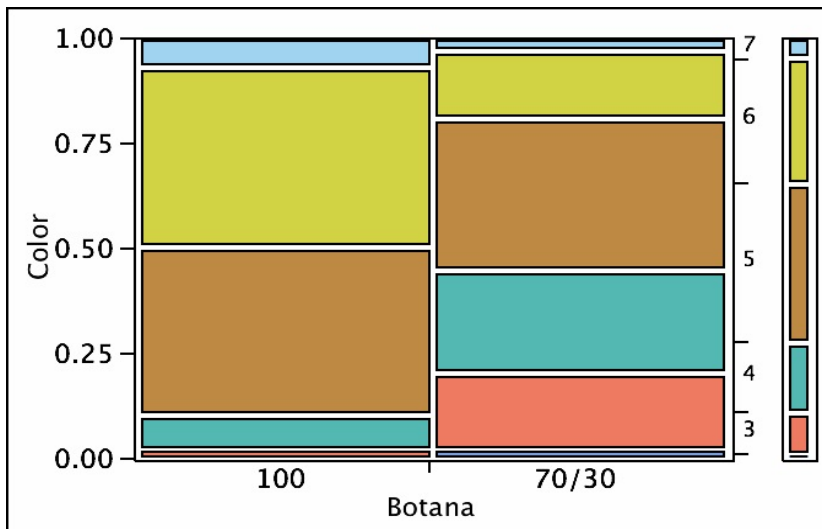


Figura 15. Frecuencia del nivel de agrado para la variable color (en proporción)

Los resultados para el sabor, se presentan en la Figura 16. Según la prueba estadística Chi cuadrada ( $X^2$ ) no existe diferencia significativa entre las botanas en cuanto al sabor ( $p > 0.05$ ). Las categorías varían desde 4 (ni me gusta ni me disgusta) hasta 7 (me gusta extremadamente). La mayor proporción se observa en la categoría 5 (me gusta un poco) para ambas botanas. Por lo tanto se puede concluir que la botana con 30% de frijol tuvo una aceptación similar que la de solo maíz respecto al sabor.

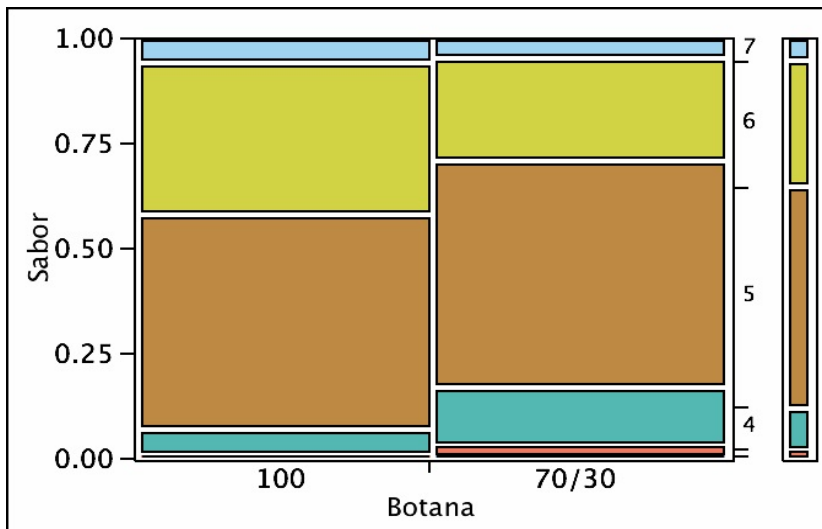


Figura 16. Frecuencia del nivel de agrado para la variable sabor (en proporción) (valor  $p$  0.2126).

Para textura, los resultados se presentan en la Figura 17. No se reportó diferencia significativa entre las botanas ( $p > 0.05$ ), la mayor proporción se presentó en las categorías 5 y 6 (me gusta poco y me gusta mucho) para ambas botanas. De lo anterior se puede inferir que la textura fue del agrado de los panelistas.

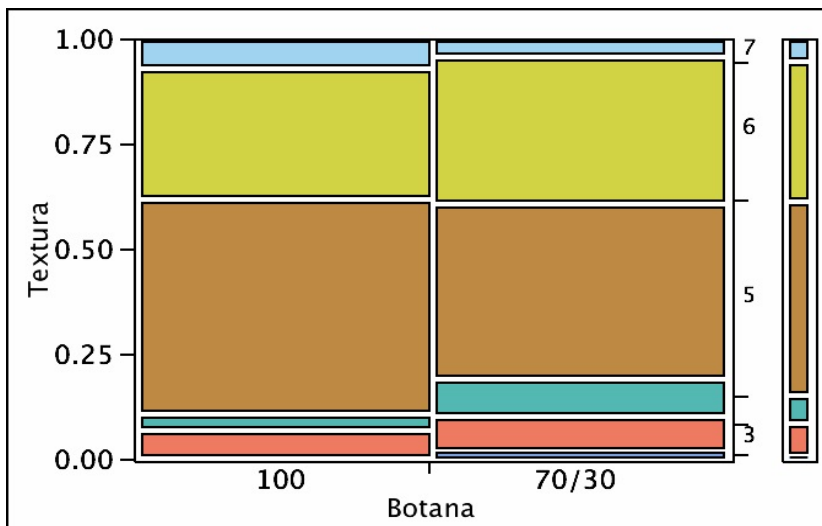


Figura 17. Frecuencia del nivel de agrado para la variable textura (en proporción) (valor  $p$  0.3140)

Los resultados para el agrado global se exhiben en la Figura 18. Se reportó diferencia significativa ( $p < 0.0001$ ) en el agrado global de las botanas de acuerdo con los panelistas. Para la botana 70/30 las categorías variaron desde ni me gusta ni me disgusta (4) hasta me gusta extremadamente (7) con mayor proporción en 5 (me gusta un poco). A diferencia de la botana de solo maíz desde la categoría 5 hasta la 7, de igual forma esta presentó una mayor proporción en la categoría 6 (me gusta mucho) a diferencia de la botana 70/30, la cual presentó una mayor proporción en la categoría 5 (me gusta poco).

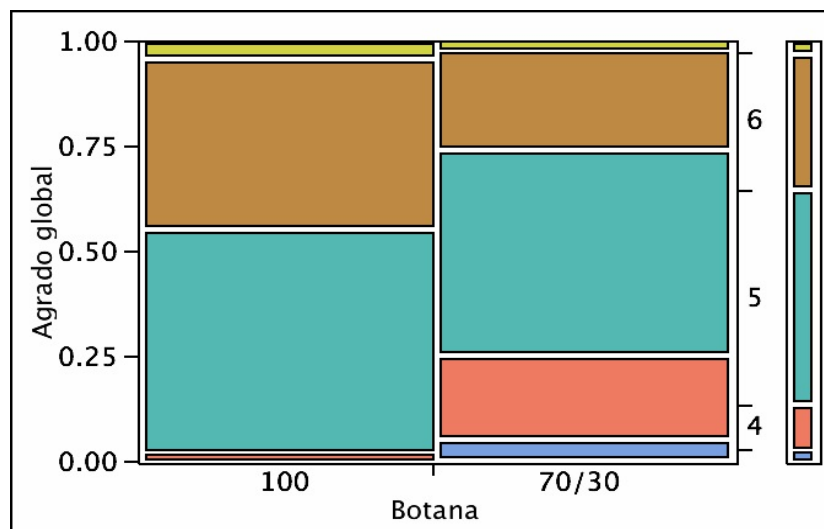


Figura 18. Frecuencia del nivel de agrado para la variable agrado global (en proporción)

### VI.6.2.2 Prueba de preferencia

Los resultados para la prueba de preferencia se presentan en la Figura 19. De acuerdo con la prueba estadística se presenta diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre las botana de maíz y frijol y solo maíz. La botana de solo maíz presenta una mayor proporción en la categoría 1 “mayor preferencia”, que la botana derivada de la mezcla de harina de maíz nixtamalizado y frijol, aún así esta fue de gran

aceptación. De acuerdo con la prueba hedónica, éstos resultados eran de esperar, ya que no es fácil para los panelistas aceptar un nuevo sabor y cambiar lo tradicional.

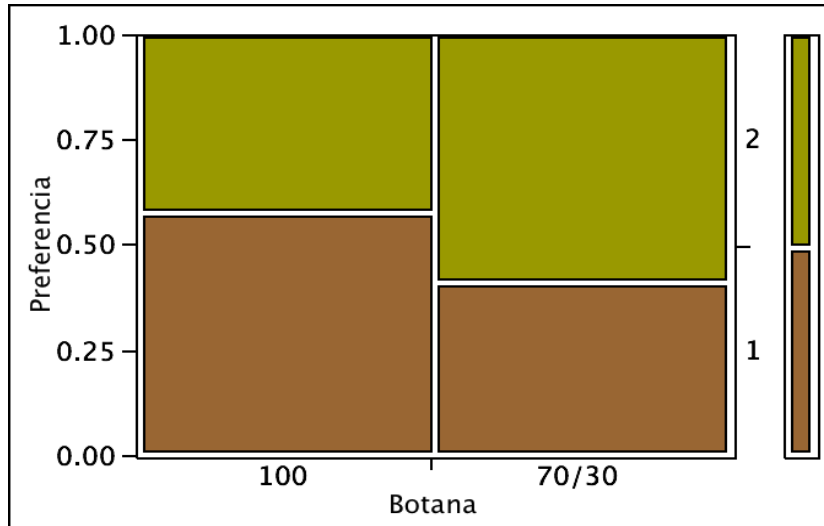


Figura 19. Frecuencia del nivel de preferencia (en proporción)  
(valor  $p$  0.0162)

Algunos estudios han reportado que los seres humanos tienden a mostrar una actitud contradictoria hacia lo novedoso particularmente en el área de alimentos (Van Trijp y Van Kleef, 2008). Por un lado, se presenta un gusto por lo nuevo (neofilia), pero por otro a evitar todo lo que no sea conocido (neofobia). Steenkamp y Gielens (2003) afirman que la creación de nuevos productos, rara vez deben ser radicalmente novedosos, de lo contrario se enfrentarían con un grado alto de resistencia por parte de los consumidores.

## VII. CONCLUSIONES

La adición de harina de frijol cocido en botanas de maíz incrementó los niveles de proteína, fibra dietaria, almidón resistente y compuestos fenólicos (taninos condensados, fenoles totales, flavonoides), así como la capacidad antioxidante de éstas.

La botana derivada de la mezcla con 30% de harina de frijol, mostró tener un buen contenido nutrimental y nutracéutico comparable con botanas comerciales horneadas, características como menor contenido de lípidos y mayor cantidad de proteína están dentro de las tendencias actuales, pues algunos consumidores prefieren productos reducidos en grasas y calorías que aporten un beneficio adicional a la salud. Otra característica importante fue el contenido de fibra y almidón resistente obtenido, pues a diferencia de las botanas de solo maíz, este presentó un aumento en sus niveles. Dietas altas en fibra se han asociado con la prevención de enfermedades no transmisibles.

El tratamiento térmico de horneado empleado para la obtención de botanas, influyó sobre la aceptación de las botanas en el análisis sensorial, este fue independiente del tipo de mezcla de harinas de maíz/frijol utilizado, siendo el de mayor aceptación el horneado eléctrico.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis sensorial se recomienda seguir trabajando en aspectos como el color y textura de las botanas.



## VIII. BIBLIOGRAFIA

- Alonso R, Orue E, Zabalza MJ, Grant G, Marzo F (2000) Effect of extrusion cooking on structure and functional properties of pea and kidney bean proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:397–403.
- Amarowicz, R., Troszynska, A., Barylko-Pikielna, N. and Shahidi, F. (2004). Polyphenolics extracts from legume seeds: correlations between total antioxidant activity, total phenolic content, tannins content and astringency. *J. Food Lipids*, 11:278–86.
- Amarowicz, R. and Pegg, R.B. (2008). Legumes as source of natural antioxidants. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110: 865-878
- Anderson J.W, Smith B. M. and S Washnock C.,(1999). Cardiovascular and renal benefits of dry bean and soybean intake. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70 (suppl): 464S–474S.
- Anton, A. A., Fulcher, R. G. and Arntfield, S. D. (2009). Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. *Food Chemistry*. 113: 989-996
- AOAC, Association of Official Analytical Chemists (2002). *Official Methods of Analysis*. 17th ed.; Arlington, VA. Métodos: 920.39, 920.85, 920.105, 925.23, 991.43.
- Aparicio-Fernández, X., García-Gasca, T., Yousef, G. G., Lila, M. A., González de Mejía, E. and Loarca-Piña, G. (2006). Chemopreventive activity of polyphenolics from black Jamapa bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on HeLa and HaCaT cells. *J. Agric. Food Chem.*, 54: 2116-2122

- Aparicio-Fernández, X., Manzo-Bonilla, L., Loarca-Piña, G.L. (2005a). Comparison of antimutagenic activity of phenolic compounds in newly harvested and stored common beans *Phaseolus vulgaris* against aflatoxin B1. *Journal of Food Science*. 70:73-78.
- Aparicio-Fernández, X., Yousef, G. G. Loarca-Piña, G. de Mejia, E. Lila, M. A. (2005b). Characterization of polyphenolics in the seed coat of black Jamapa bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4615-4622.
- Arámbula, V. G., Barrón, A. L., González, H. J., Moreno, M. E., Luna, B.G. (2001). Efecto del tiempo de cocimiento y reposo del grano de maíz (*Zea mays* L.) nixtamalizado, sobre las características fisicoquímicas, reológicas, estructurales y texturales del grano, masa y tortilla de maíz. *Archivos latinoamericanos de nutrición* 51(2):187-194.
- Asp, N., G., Van-Amelsvoort, J., M., M., Hautvast, J., G., A., J., (1996). Nutritional implications of resistant starch. *Nutrition Research Review* 9, 1–31.
- Atienzo-Lazos M., Delgado Licon E., Ochoa-Martinez A., Martinez-Bustos F., Ramirez-Wong B., Gallegos-Infante J. A. and Medrano-Roldár H. (2009). La extrusión en la elaboración de alimentos tipo botana. México, Primera Edición, Ed. Artes gráficas, La impresora.M
- Azevedo, L.; Gomes, J. C.; Stringheta, P. C.; Gontijo, A. M. M. C.; Padovani, C. R.; Ribeiro, L. R. and Salvadori, D. M. F. (2003). Black bean (*Phaseolus vulgaris*, L.) as a protective agent against DNA damagen in mice. *Food Chem Toxicol*. 41:1671–1676.
- Badui S. (2006). Activida de agua. Química de los alimentos. 4ta edición. Alhambra Mexicana, Editorial, S.A. de C.V. México. Pp 15. ISBN 970-26-0670-5

- Bao, J.; Cai, Y.; Sun, M.; Wang, G. and Corke, H. (2005). Anthocyanins, flavonols, and free radical scavenging activity of Chinese bayberry (*Myrica rubra*) extracts and their color properties and stability. *J. Agric. Food Chem.* 53:2327–2332.
- Bednar G. E., Patil A. R., Murray S. M., Grieshop C. M., Merchen N. R. and Fahey G. C. (2001). Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *J Nutr*, 131: 276 - 286.
- Bedolla S. and Rooney L.W. (1984). Characteristics of U.S. and Mexican instant maize flours for tortilla and snack preparation. *Cereal Foods World*. 29 (11): 732 -735.
- Bello-Pérez L. A. and Paredes-López O. (2009). Starches of some food Crops, changes during processing and their nutraceutical potential. *Food Eng. Rev.*1, 50-65. DOI 10.1007/5 12393-009-9004-6
- Bello-Pérez L.A., Osorio-Díaz P., Agama-Acevedo E., Núñez-Santiago C. Y Paredes-López O. (2002). Propiedades químicas, fisicoquímicas y reológicas de masas y harinas de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*. 36: 319 – 328.
- Beninger, C.W., Hosfield, G.L. (2003). Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. *J Agric Food Chem.* 51: 7879-7883
- Bily, A. C., Burt, A. J., Ramputh, A., Livesey, J., Regnault-Roger, C., Philogene, B. R., and Arnason, J. T. 2004. HPLC-PAD-APCI/MS assay of phenylpropanoids in cereals. *Phytochemical Analysis* 15:9-15.

- Bressani, R. (1990). Chemistry, technology, and nutritive value of maize tortillas. *Food Reviews International*, 6(2), 225-264.
- Burda S. and Oleszek W. (2001). Antioxidant and antiradical activities of flavonoids. *J Agric Food Chemistry*, 49: 2774 - 2779.
- Burge, R.M. and Duensing, W.J. (1989). Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
- Burkhardt, S., and Boehm, V. (2007). Development of a new method for the complete extraction of carotenoids from cereals with special reference to durum wheat (*Triticum durum* Desf).. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 8295-8301.
- Campechano, C.E.M., Figueroa, J.D.C., Arámbula, V.G., Martínez, F.H.E., Jiménez, S.J.S., Luna, B.J.G., (2012). New ecological nixtamalisation process for tortilla production and its impact on the chemical properties of whole corn flour and wastewater effluents. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47, 564e571.
- Campos-Vega, R., García-Gasca, T., Guevara-Gonzalez, R., Ramos-Gomez, M., Oomah, D., Loarca-Piña, M. (2012). Human gut flora-fermented nondigestible fraction from cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) modifies protein expression associated with apoptosis, cell cycle arrest, and proliferation in human adenocarcinoma colon cancer cells. *Journal Agricultural and Food Chemistry*. 60 (51): 12443–12450.
- Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta-Gallegos, J.A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-López, O., Oomah, B. D. and Loarca- Piña, G. (2009). Chemical composition and *in vitro* polysaccharide fermentation of different beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *The society for Food Science and Technology: Toxicology and Chemical Food Safety*. 74, 7, 1750-3841.

- Cardador-Martínez, A., Castaño-Tostado, E., Loarca-Piña, G. (2002a). Antimutagenic activity of natural phenolic compounds present in the common bean (*Phaseolus vulgaris*) against aflatoxin B1. Food additives and contaminants 19:62-69.
- Cardador-Martínez, A., Loarca-Piña, G., Oomah, B.D.(2002b). Antioxidant activity in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50:6975-6980.
- Carpentier, S.; Knaus, M.; Suh, M. (2009) Associations between lutein, zeaxanthin, and age-related macular degeneration: An overview. Crit.Rev. Food Sci. Nutr. 49, 313–326
- Choi H. J.; Kim J. H.; Lee C. H.; Ahn Y. J.; Song J. H.; Beak S. H. and Known D. H. (2009). Antiviral activity of quercetin 7-rhamnoside against porcine epidemic diarrhea virus. Antiviral Research. 81(1): 77 – 81.
- Choung MG, Choi BR, An YN, Chu YH, Cho YS. (2003). Anthocyanin profile of Korean cultivated kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal Agriculture Food Chem. 51(24):7040-3.
- Chung, H. J., Liu, Q., and Hoover, R. (2009). Impact of annealing and heat-moisture treatment on rapidly digestible, slowly digestible and resistant starch levels in native and gelatinized corn, pea and lentil starches. Carbohydrate Polymers, 75(3), 436-447.
- Cruz-Bravo, R., Guevara-Gonzalez, M., Ramos-Gómez, T. García-Gasca, R., Campos-Vega, B., Oomah, D., Loarca-Piña, G. (2011). Fermented Non digestible Fraction from Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivar Negro 8025 Modulates HT-29 Cell Behavior. J. Food Sci. 76(2) 41:47.
- De Almeida Costa G. E., Queiroz-Monici K. S., Machado Reis S.M.P., Costa de Oliveira. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch

contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*,94: 327-330.

De la Parra, C., Serna, S. O., & Liu, R. H. (2007). Effect of processing on the phytochemical profiles and antioxidant activity of corn for production of masa, tortilla and tortilla chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:4177- 4183

De Mejía, E.; Castaño–Tostado, E. and Loarca–Piña, G. (1999). Antimutagenic effects of natural phenolic compounds in beans. *Mutat. Res.* 441:1–9.

De Mejia E, Guzman-Maldonado SH, Acosta-Gallegos JA, Reynoso-Camacho R, Ramirez-Rodriguez E, Pons-Hernandez JL, Gonzalez-Chavira MM, Castellanos JZ, Kelly JD. (2003). Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors, tannins and lectins of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in semiarid highlands of Mexico. *J Agric Food Chem* 51:5962–6

Desphande, S y Cheryan, M. (1987). Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Journal of Food Science.* 50: 905-910.

Derache, J. (1990). La seguridad alimentaria. Reglamentación europea. *Toxicología y seguridad de los alimentos.* Barcelona. Pág 55

Dudonné S.; Vitrac X.; Coutière P.; Woillez M. and Mérillon J-M. (2009). Comparative Study of Antioxidant Properties and Total Phenolic Content of 30 Plant Extracts of Industrial Interest Using DPPH, ABTS, FRAP, SOD and ORAC Assays. *J Agric Food Chem.* 57: 1768 – 1774.

Elejalde-Guerra, J. (2001). Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. *An. Med. Interna (Madrid).* 18(6), pp 326-335.

- Englyst, H. N., Kingman, S. M., and Cummings, J. H. (1992). Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 46:33-S50
- Escudero, E. y González, S. P. (2006). La fibra dietética. *Nutr. Hosp.* 21:61–72.
- Espinosa-Alonso, L. G., Lygin, A., Windholm, J. M., Valverde, M. E. and Paredes López, O. (2006). Polyphenols in Wild and Weedy Mexican Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *J. Agric. Food. Chem.*, 54: 4436-4444
- Estrada, B. C., Carrillo, G. V., Morales, B. T., & Moreno, Y. S. (2008). Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31: 9-14
- Feregrino-Pérez, A., Berumen, L., García Alcocer, G., Guevara González, R., Ramos-Gómez, M., Reynoso-Camacho, R., Acosta-Gallegos, J., Loarca-Piña, G., (2008). Composition and Chemopreventive effect of polysaccharides from common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) on azoxymethane-induced colon cancer. *J. Agric. Food Chem.* 56:8737-8744.
- Figuerola, J.D., Martínez, B. F., González, H. J. and Sánchez, S. F. (1994). Modernización tecnológica del proceso de nixtamalización, Avances y Perspectivas. Vol. 13:323-329.
- Flores-Farías, R., Martínez-Bustos, F., Salinas-Moreno. Y., Ríos E., (2002). Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado. *Agrociencia*,36:5:557- 567. México.
- Flórez, A., Pujolá, M., Valero, J., Centelles, E., Almirall, A., Casañas, F. (2009). Genetic and environmental effects on chemical composition related to sensory traits in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem* 113: 950-956.

- Fukumoto L.R., Mazza G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 3597-3604
- Gálvez-Ranilla L., Genovese M. and Lajolo F. M. 2007. Polyphenols and antioxidant capacity of seed coat and cotyledon from Brazilian and Peruvian vean cultivar (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Agric Food Chem*, 55: 90 - 98.
- García, G., Duarte H., Gualdron, L., Moncada, L. (2005). Determinación del tiempo de cocción en los procesos de freido y horneado de tres alimentos de consumo masivo en Colombia *Revista Épsilon*. 4: 7-18
- Gentili, A., and Caretti, F. (2011). Evaluation of a method based on liquid chromatography–diode array detector–tandem mass spectrometry for a rapid and comprehensive characterization of the fat-soluble vitamin and carotenoid profile of selected plant foods. *Journal of Chromatography A*, 1218(5), 684–697.
- Grajales-García E.M., Osorio-Díaz P., Goñi I., Hervert-Hernández D., Guzmán-Maldonado S.H. and Bello-Pérez L. (2012). Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. *Int J Mol Sci*. 13: 286 - 301.
- Gómez-Palomares B. I. (2012). Optimización de la formulación de una barra nutritiva mezcla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L) y avena (*Avena sativa*). Tesis para la obtención del grado de Maestro en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Guerrero de G. G., (1998) Molienda seca del maíz en México. In: Primer Taller de Especialidades de Maíz. Secretaría de Desarrollo Rural, SAGARPA, México. Noviembre 26 y 27, Chapingo, México. pp:45-48.



- Guzmán-Maldonado, S.H., Acosta-Gallegos, J.A., Álvarez-Muñoz, M.A., García Delgado, S., y Loarca-Piña, G.F. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agricultura Técnica en México*. 28:159-173.
- Hagiwara, A., Miyashita, K., Nakanishi, K., Sano, M., Tamano, S., Kadota, T., *et al.* (2001). Pronounced inhibition by a natural anthocyanin, purple corn color of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazol [4, 5-b] pyridine (PhIP)-associated colorectal carcinogenesis in male rats pretreated with 1,2-dimethylhydrazine. *Cancer Letters*, 171, 17–25.
- Harborne, J. B. (1986). Function of flavonoids in plants. In *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*; Goodwin, T. W., Eds.; Academic Press: London, New York, San Francisco, pp 736–778.
- He F, Liang N, Mu L, Pan Q-H, Wang J, Reeves MJ, Duan C-Q (2012). Anthocyanins and their variation in red wines I Monomeric anthocyanins and their color expression. *Molecules* 17:1571–1601.
- Higgins, J., Higbee, D., Donahoo, W., Brown, I., Bell, M., Bessesen, D. (2004). Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. *Nutrition and Metabolism* 1: 8.
- Hoebler, C., Karinthi, A., Chiron, H., Champ, M., & Barry, J. L. (1999). Bioavailability of starch in bread rich in amylose: Metabolic responses in healthy subjects and starch structure. *European Journal of Clinical Nutrition*, 53:360-366.
- Hollman P.C., Cassidy A., Comte B., Heinonen M., Richelle M., Richling E., *et al.* (2011) The biological relevance of direct antioxidant effects of polyphenols for cardiovascular health in humans is not established. *J Nutr* 141: 989S-1009S

- Hoseney, R.C. (1998). Principles of cereal science and technology. Second Edition. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. p. 378.
- Hou, D., Fujii, M., Terahara, N. and Yoshimoto, M. 2004. Molecular mechanisms behind the chemoprotective effects of anthocyanidins. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 5: 321-325.
- Informe de indicadores del mercado (2011). Consumer trends: Salty snack food in the United States. Disponible en <http://www.ats-sea.agr.gc.ca/amr/5770-eng.htm> Acceso: Febrero 2/2014.
- Izydorczyk M. S., Biliaderis C. G., (2007) Arabinoxylans: Technologically and nutritionally functional plant polysaccharides. In: *Functional Food Carbohydrates*. pp:249-290.
- James, S., J.G., M., Gibson, P. (2003). Dietary fibre: a roughage guide. *Intern. Med. J.* 33: 291 - 296
- Kathiravan, K., Harpreet K .K., Soojin, J., Irudayaraj, J. and Demirci, A.(2008).Infrared heating in food processing: an overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 7: 2-13.
- Kayacier, A., and Singh, R. (2003). Effect of mono-and diglyceride addition on baked Tortilla chips and their storage properties<sup>1</sup>. *Journal of Food Processing and Preservation*, **27**(1), 1-8.
- Kennedy, J. F., Methacanon, P., and Lloyd, L. L. (1999). The identification and quantitation of the hydroxycinnamic acid substituents of a polysaccharide extracted from maize bran. *Journal Science. Food Agriculture*.79:464-470.

- Kim, T., Kim, J., Kang, J-H., Lee, J-Y., Kang I., Lim, S. (2013). Aldose Reductase Inhibitory Activity of Compounds from *Zea mays L.* BioMed research international.
- Kutos, T., Golog, T., Ka, M., Plestenjak, A. (2003). Dietary fiber content of dry and processed beans. *Food Chem.* 80(2): 231-235.
- Le Leu, R. K., Hu, Y., Brown, I. L., Woodman, R. J., & Young, G. P. (2010). Synbiotic intervention of Bifidobacterium lactis and resistant starch protects against colorectal cancer development in rats. *Carcinogenesis*, 31(2), 246-251.
- Leenhardt, F., Lyan, B., Rock, E., Boussard, A., Potus, J., Chanliaud, E. (2006). Genetic variability of carotenoid concentration, and lipoxygenase and peroxidase activities among cultivated wheat species and bread wheat varieties. *European Journal of Agronomy*, 25(2), 170–176.
- López, A., Tarek, E., Dueñas, M., T Ortega, T., Estrella, I., Hernández, T., Gómez-Serranillosa, M. P., Palomino, O. M., Carretero M. E. (2013). Effect of cooking and germination on phenolic composition and biological properties of dark beans (*Phaseolus vulgaris L.*). *Food Chemistry*. 138: 547–555
- López, P. (2011). Efectos de microondas e infrarrojo en la calidad maltera de cebada (*Hordeum vulgare L.*). Tesis doctoral. Programa de posgrados del centro de la república, PROPAC. Universidad Autónoma de Querétaro. México
- Liu, H., Yu, L., Simon, G., Dean, K., and Chen, L. (2009). Effects of annealing on gelatinization and microstructures of corn starches with different amylose/amylopectin ratios. *Carbohydrate polymers*, 77(3), 662-669.

- Lupano, C. E. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento . - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata. ISBN 978-950-34-1028-8
- Luthria, D. L., and Pastor-Corrales, M. A. (2006). Phenolic acids content of fifteen dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Journal of Food Composition and Analysis, 19, 205–211.
- Martínez, B. F., Morales, S. E., Chang, Y. K., Herrera, G. A., Martínez, B., L.,Rodríguez, M. E. and Flores, H. E. 1999. Effect of infrared baking on wheat flour tortillas characteristics. Cereal Chem. 76(4): 491-195.
- Martínez, F.H., Figueroa, C.J., Martínez, B.F., González, H.J., Rodríguez, G.M., Banos, L. A., Garnica, R. M. (2002). Physical properties and composition of femur of rat fed with diets based on corn tortillas made from different processes, Journal Food Science Nutrition. 53:155-162.
- Méndez-Montealvo, G., García-Suárez, F.J., Paredes-López, O., Bello-Pérez, L.A., (2008). Effect of nixtamalisation on morphological and rheological characteristics of maize starch. Journal Cereal Sci. 48: 420-425.
- Mendoza-Díaz, S., del Carmen Ortiz-Valerio, M., Castaño-Tostado, E., de Dios Figueroa-Cárdenas, J., Reynoso-Camacho, R., Ramos-Gómez, M., Loarca-Piña, G. (2012). Antioxidant capacity and antimutagenic activity of anthocyanin and carotenoid extracts from nixtamalized pigmented creole maize races (*Zea mays* L.). Plant foods for human nutrition, 67(4), 442-449.
- Meza-Rivera. C., (2011). Elaboración, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana a partir de harinas extrudidas maíz/frijol. Proyecto de tesis de Maestría. Programa de posgrados del centro de la república, PROPAC. Universidad Autónoma de Querétaro. México

- Mongpreneet,S., Abe,T. and Tsurusaki, T. 2002. Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. *Journal of Food Engineering* 55:147–156.
- Montemayor E. and Rubio M. 1983. Alkaline cooked corn flour: technology and uses in tortilla and snack products. *Cereal F. World* 28: 577-585.
- Montesinos R. 2003. Especificación cromática de gamas de colores usadas en la industria del calzado. Trabajo de investigación. Universidad de Alicante.
- Mora-Escobedo R., Osorio-Díaz P., Garcia-Rosas M. I.,Bello-Pérez A, Hernández-Unzón H. (2004) Changes in selected nutrient content and microstructure of white starch-quality maize and common maize during tortilla preparation and storage. *Food Sci. Technol. Int.*10(2), 79–87.
- Mora-Rochin S, Gutiérrez-Urbe J., Serna-Saldivar S., Sánchez-Peña P., Reyes-Moreno., Milán-Carrillo J.(2010). Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 52:502-508
- Narváez-González, E., Figueroa-Cárdenas, J., Martínez-Peniche, R., Rincón Sánchez F., (2006)- Relationships Between the Microstructure, Physical Features, and Chemical Composition of Different Maize Accessions from Latin America *Cereal Chem.* 83(6):595–604
- Navari, P., Andrieu, J. and Gevaudan, A. (1992). Studies on infrared and convective drying of nonhygroscopic solids. In: Mujumdar AS, editor. *Drying* 92. Amsterdam: Elsevier Science. P 685–94.
- Nenadis N., Wang L., Tsimidou M, Zhang H. (2004). Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS+ assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15): 4669-4674.

- Norma Oficial Mexicana NMX-F-046-S-1980. Harina de maíz nixtamalizado.
- Norma Oficial Mexicana NMX-FF-034/1-SCFI-2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano - cereales – parte I: maíz blanco para proceso alcalino para tortillas de maíz y productos de maíz nixtamalizado especificaciones y métodos de prueba.
- Norma Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.
- Nugent A. P. 2005. Health properties of resistant starch. British Nutrition Foundation Nutrition Bulletin, 30: 27–54.
- Oomah, D., Cardador-Martínez, A., Loarca-Piña, G., (2005). Phenolics and antioxidative activities in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) Sci. Food. Agric. 85: 935-942.
- Oomah, D., Corbe, A., Balasubramanian, P., (2010). Antioxidant and Antiinflammatory Activities of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Hulls. Journal Agricultural and Food Chemistry. 58: 8225–8230.
- Osorio Díaz, P., Bello Pérez, L. A., Agama Acevedo, E., Vargas Torres, A., Tovar, J. and Paredes López, O. (2002). In vitro digestibility and resistant starch content of some industrialized commercial beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Food Chemistry. 78: 333-337.
- Osorio-Díaz, P., Bello-Pérez, L. A., Sayago-Ayerdi, S. G., Benitez-Reyes, M.D.P., Tovar J. and Paredes-López, O. (2003). Effect of processing and storage time in vitro digestability and resistant starch content of two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. J. Sci. Food Agric., 83(12):1283-1288

- Paredes-López, O., Guevara-Lara, F. and Bello-Pérez, L. A. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de cultura económica. Vol. 12, p. 205.
- Paredes-López, O., Guevara-Lara, F. and Bello-Pérez, L. A. (2009). La Nixtamalización. Ciencias. 92-93
- Paredes-López y Valverde, (2006). Los recursos nutraceuticos y medicinales que Mesoamérica le ha dado al mundo. Revista Cinvestav. 3:65-73
- Park, J. S., Chew, B. P., & Wong, T. S. (1998). Dietary lutein from marigold extract inhibits mammary tumor development in BALB/c mice. *Journal of Nutrition*, 128: 1650-1656.
- Pereira, M., O'Reilly, E., Augustsson, K.(2004). Dietary fiber and risk of coronary heart disease: a pooled analysis of cohort studies. *Arch. Intern. Med.* 164: 370-376.
- Pineda-Rodríguez, S. (2009). Elaboración, evaluación nutrimental y nutraceutica de mezclas de harinas extrudidas maíz/frijol, trigo/frijol y tostadas” Proyecto de tesis de Maestría. Programa de posgrados del centro de la república, PROPAC. Universidad Autónoma de Querétaro. México
- Preciado-Ortiz, R. E., García-Lara, S., Ortiz-Islas, S., Ortega-Corona, A., & Serna-Saldivar, S. O. (2013). Response of recurrent selection on yield, kernel oil content and fatty acid composition of subtropical maize populations. *Field Crops Research*, 142, 27-35.
- Prior, R. L.; Wu, H.; Gu, L. (2006). Flavonoid metabolism and challenges to understanding mechanisms of health effects. *J. Sci. Food Agric.* 86: 2487-2491.

- Ramírez-Jiménez A., (2010). Elaboración y evaluación del valor nutrimental, nutracéutico y sensorial de una barra horneada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y avena (*Avena sativa*). Tesis para la obtención del título de Maestro en Ciencias. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ramos-Escudero, F., Muñoz, A. M., Alvarado-Ortíz, C., Alvarado, Á., & Yáñez, J. A. (2012). Purple corn (*Zea mays* L.) phenolic compounds profile and its assessment as an agent against oxidative stress in isolated mouse organs. *Journal of Medicinal Food*, 15(2), 206-215.
- Rendón-Villalobos R., Bello-Pérez A., Osorio-Díaz P., Tovar J., Paredes-López O. (2002). Effect of storage time on in vitro digestibility and resistant starch content of nixtamal, masa and tortilla. *Cereal Chem.* 79, 340–344.
- Reynoso-Camacho, R.; Ríos-Ugalde, M.C.; Torres-Pacheco, I.; Acosta-Gallegos, J.A.; Palomino-Salinas, A.C.; Ramos-Gómez, M.; González-Jasso, E.; Guzmán-Maldonado, S.H. (2007). El consumo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas Sprague-Dawley. *Agric. Téc. Méx.* 33: 43–52.
- Rodríguez-Amaya, D. B.; Kimura, M. (2004). Carotenoids in foods. In *HarvestPlus Handbook for Carotenoid Analysis* Ed. International Food Policy Research Institute and International Center for Tropical Agriculture: Washington, DC, pp 2–8.
- Rodríguez, C. A. (2010). Efecto del calentamiento con microondas en las propiedades fisicoquímicas de los granos de maíz y su relación con la calidad de masa y tortilla. Tesis. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Querétaro, México. pp. 62-89.
- Rodríguez, M. E., Serna, S. O., Sánchez, F. (2008). Nixtamalización del maíz a la tortilla. Aspectos nutrimentales y toxicológicos. Universidad Autónoma de Querétaro. México. pp:19–80.



- Rodríguez, M. E., Yañez Limon, J. M., Alvarado Gil, J. J., Vargas, H., Sanchez Sinencio, F., Figueroa Cárdenas, J. D., Martinez Bustos, F., Gonzalez Hernandez, J., Silva, M. D., and Miranda, L. C. M. (1996). Influence of the structural changes during alkaline cooking on the thermal, rheological and dielectric properties of maize tortillas". *Cereal Chem.* 73: 593-600.
- Rondini, L., Peyra-Maillard, M., Marsser-Baglieri, A., & Berset, C. (2002). Sulfated ferulic acid in the main in vivo metabolite found after short-term ingestion of free ferulic acid in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50,3037–3041.
- Romani, A., Vignolini, P., Galardi, C., Mulinacci, N., Benedettelli, S. and Heimler, D. (2004). Germplasm characterization of Zolfino landraces (*Phaseolus vulgaris*L.) by flavonoid content. *J. Agric. Food Chemistry*, 52:3838–42.
- Ross, K. A., Beta, T., & Arntfield, S. D. (2009). A comparative study on the phenolic acids identified and quantified in dry beans using HPLC as affected by different extraction and hydrolysis methods. *Food Chemistry*, 113(1), 336-344.
- Sakai, N. and Hanzawa, T. (1994). Applications and advances in far-infrared heating in Japan. *Trends Food Sci. Tech.* 5:357–62.
- Salazar, R., Arámbula-Villa, G., Luna-Bárceñas, G., Figueroa-Cárdenas, J. D., Azuara, E., & Vázquez-Landaverde, P. A. (2014). Effect of added calcium hydroxide during corn nixtamalization on acrylamide content in tortilla chips. *LWT-Food Science and Technology*, 56(1), 87-92.
- Salinas M Y, F Martínez B, J Gómez H (1992) Comparación de métodos para medir dureza del maíz (*Zea mays L.*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 45:59-63.

- Saura-Calixto, F., Goñi, I., Bravo, L., Mañas, E. (1993). Resistant Starch in foods: modified method for dietary fiber residues. *J. Food Sci.* 58(3): 642-643.
- Saura-Calixto, F., Serrano, J and Goñi, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry.* 101: 492-501.
- Serna S. S., (1996) *Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales.* AGT Editor, S A. México D. F. 519 p.
- Serna-Saldivar, Gómez M. H., Rooney, L.W. (1990). Technology, chemistry, and nutritional value of alkaline-cooked corn products. in: *Advances in Cereal Science and Technology*, 10:243-307.
- Serna-Saldivar, S.O., 2010. *Cereal Grains: Properties, Processing, and Nutritional Attributes.* CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Shahidi F. (1995). Food phenolics: Sources chemistry effects applications, phenolic compounds in cereals and legumes. Technomic publishing company, Inc. p. 13– 18.
- Shiga, M., Lajolo, M., Filisetti, M. (2003). Cell wall polysaccharides of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Ciencia y Tecnología Alimentos. Caminas* 23:141-148.
- Singh, N., Singh, S., Shevkani, K., Preedy, V. R., Watson, R. R., Patel, V. B. (2011). Maize: composition, bioactive constituents, and unleavened bread. *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*, 89-99.
- Singleton, V. L. and Rossi, J. A. Jr. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16:144-58.

- Srinivasan, M., Sudheer, A. R., & Menon, V. P. (2007). Ferulic acid: Therapeutic potential through its antioxidant properties. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 40, 92-100
- Srisuma, N., Hammerschmidt, R., Uebersax, M. A., Ruengsakulrach, S., Bennink, M. R., and Hosfield, G. L. (1989). Storage induced changes of phenolic acids and the development of hard-to-cook in dry beans (*Phaseolus vulgaris* var. Seafarer). *Journal of Food Science*, 54(2), 311-314.
- Steenkamp, J.B.E.M., Gielens, K. (2003). Consumer and market drivers of trial probability of new consumer packaged goods. *Journal of Consumer Research*, 30(3): 368-384.
- Tapuach A. S. (2004). Una leguminosa muy Mexicana. *Panorama agropecuario*. Vol. (3): 88
- Tester, R. F., & Morrison, W. R. (1994). Properties of damaged starch granules. Composition and swelling of fractions of wheat-starch in water at various temperatures. *Journal of Cereal Science*, 20, 175e181.
- Treviño-Mejía, D. (2013). Desarrollo y evaluación nutrimental y nutracéutica de tortillas a base de harina de maíz nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Proyecto de tesis de Maestría. Programa de posgrados del centro de la república, PROPAC. Universidad Autónoma de Querétaro. México
- Tsuda, T., Horio, F., Uchida, K., Aoki, H., & Osawa, T. (2003). Dietary cyanidin 3-O-b-Dglucoside- rich purple corn color prevents obesity and ameliorates hyperglycemia in mice. *Nutri-Gene Interactions*, 133(7), 2125–2130
- Van Trijp, H.C.M., van Kleef, E.(2008). Newness, value and new product performance. *Trends in Food Science & Technology* 19:562-573

- Vargas -Torres, A., Osorio-Díaz, P., Islas-Hernández, J., Tovar, J., Paredes-López, O.; Bello-Pérez, L. (2004). Starch digestibility of five cooked black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. *J. Food Comp. Anal.* 17: 605-612.
- Veles, J. J. (2004). Caracterización de tostadas elaboradas con maíces pigmentados y diferentes métodos de nixtamalización. Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Santiago de Querétaro, Qro. México.
- Vergara-Castañeda H. A., Guevara-González R. G., Ramos-Gómez M., Reynoso-Camacho R., Guzmán-Maldonado H., Feregrino-Pérez A. A., Oomah B. D. and Loarca-Piña G. (2010). Non-digestible fraction of cooked bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Bayo Madero suppresses colonic aberrant crypt foci in azoxymethane-induced rats. *Food and function.* 1: 294 - 300.
- Vergara-Castañeda H. A. 2011. Efecto de la fracción no digerible del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocido variedad Bayo Madero, sobre el estadio temprano de cáncer de colon. Tesis para la obtención del título de Doctor en Ciencia de los Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Watson, S. A. 1987. Structure and composition. Corn: chemistry and technology. Pag. 53-82. Published by the American Association of Cereal Chemists, Inc. ST. Paul, Minesota, USA.
- Xu, B. and Chang, K. C. (2007). A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. *Journal of Food Science*, 72, S159–S166.
- Xu, B. and Chang, K. C. (2009). Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of Pinto and Black Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *Journal Agriculture Food Chem.*, 57: 4754-4764.

- Xu, S., & Kerr, W. L. (2012). Comparative study of physical and sensory properties of corn chips made by continuous vacuum drying and deep fat frying. *LWT-Food Science and Technology*, 48(1), 96-101.
- Yao L. H., Jiang, Y. M. Shi J., Tomás-Barberán F. A., Datta N., Singanusong R., Chen S. S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59: 113–122.
- Yickyun, P., Hunter, J., Spiegelman, D., Bergkvist, L., Berrino, F., van den Brandt, P., Buring, J., Colditz, G., Freudenheim, J., Fuchs, Ch., Giovannucci, E., Smith-Warner, S. (2005). Dietary fiber intake and risk of colorectal cancer: A pooled analysis of prospective cohort studies. *JAMA* 294 (22).
- Zavareze, E. D., and Díaz, A. R.. (2011). Impact of heat-moisture treatment and annealing in starches: a review. *Carbohydrate Polymers*, 83(2), 317-328.
- Zhou K., Su L. and Yu L. L. 2004. Phytochemicals and antioxidant properties in wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6108-6114.
- Zilić S, Serpen A, Akillioğlu G, Gökmen V, Vančetović J (2012). Phenolic compounds, carotenoids, anthocyanins, and antioxidant capacity of colored maize (*Zea mays* L.) kernels. *J Agric Food Chem* 60(5):1224–1231.

## ABREVIATURAS

h	Hora
μL	Microlitros
°C	Grado centígrado
g	Gramo
mg	Miligramo
μmol	Micromoles
mL	Mililitro
RPM	Revoluciones por minuto
Eq.	Equivalente
nm	Nanómetro
N	Newton
BC	Botana comercial
AR	Almidón resistente
AOX	Actividad antioxidante
PBN	Población Blanca del Noroeste
HMN	Harina de maíz nixtamalizado
HFC	Harina de frijol cocido
MC	Maíz crudo
FC	Frijol crudo
AF	Ácido ferúlico
Aw	Actividad de agua
EE	Extracto etéreo