



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

“Botana de segunda generación a base de harinas de frijol, soya y garbanzo: desarrollo, caracterización, evaluación nutraceútica y sensorial.”

Tesis

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

Presenta:

IIA. Mirna Sofia Romero Ortiz

Dirigido por:

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Santiago de Querétaro, Qro.

Noviembre de 2023



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



Botana de segunda generación a base de harinas de
frijol, soya y garbanzo: desarrollo, caracterización,
evaluación nutraceutica y sensorial.

por

Mirna Sofia Romero Ortiz

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: FQMAN-309136



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

“Botana de segunda generación a base de harinas de frijol, soya y garbanzo: desarrollo, caracterización, evaluación nutraceutica y sensorial.”

TESIS

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

Presenta:

IIA. Mirna Sofia Romero Ortiz

Dirigido por:

Dra. Marcela Gaytán Martínez

Dra. Marcela Gaytán Martínez
Director

Dra. Sandra Olimpia Mendoza
Secretario

Dr. Iván Andrés Luzardo Ocampo
Vocal

Dra. Ma. Estela Vázquez Barrios
Suplente

Dr. Eduardo Morales Sánchez
Suplente

Dra. Silvia Lorena Amaya Llano
Directora de la Facultad de Química

Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Directora de Investigación y Posgrado

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD DE ESTUDIANTE: Declaro que los datos propios obtenidos en esta investigación fueron generados durante el desarrollo de mi trabajo de tesis de forma ética y que reporto detalles necesarios para que los resultados de esta tesis sean reproducibles en eventuales investigaciones futuras. Finalmente, este manuscrito de tesis es un trabajo original en el cual se declaró y dio reconocimiento a cualquier colaboración o cita textual presentadas en el documento.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized 'S' followed by a circular flourish containing a smaller, illegible signature.

Agradecimientos

Agradezco a CONAHCyT por haberme brindado el apoyo económico para el estudio del posgrado.

A la UAQ por tener un espacio para brindarme herramientas y con ello fortalecer mis habilidades académicas.

A la Dra Marce que con su apoyo y dirección me permitió crecer académicamente.

A todos los miembros de mi comité y al Dr Castaño por guiarme, enseñarme y apoyarme en todo lo necesario, gracias por su paciencia.

Al Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, unidad Querétaro (CICATA), al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Querétaro (Cinvestav-Qro) y al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad Zapopan (CIATEJ) por abrirme las puertas y facilitarme las herramientas para llevar a cabo esta investigación.

Agradezco a mi familia por creer en mí, a mi amada mamá y hermanos por ser mi lugar seguro, gracias por su genuino amor.

A mi abuelo quien partió durante esta travesía, te amaré para siempre.

A las amistades que formé durante esta etapa, por las risas y momentos que tengo para recordar, los llevo conmigo.

Resumen

Las botanas son un producto listo para comer, de consumo rápido y fácil transporte. Se caracterizan por su sabor, textura y color, sin embargo, suelen tener un alto contenido de lípidos, azúcares y sodio, por lo que se les puede considerar no saludables. Por lo tanto, la demanda actual de alimentos saludables, que cumplan con las necesidades nutricionales y que aporten un beneficio a la salud está aumentando. Una alternativa es el uso de leguminosas como frijol, soya y garbanzo debido a que se destacan por su alto contenido proteico, por lo que resulta una opción viable para la elaboración de botanas saludables. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una botana de segunda generación horneada tipo 'churrito' de la mezcla de harinas de frijol, soya y garbanzo con bajo contenido de lípidos y alto contenido de proteínas. Se evaluó la composición química y nutracéutica de las materias primas, destacando un elevado contenido de proteínas en las harinas de frijol, soya y garbanzo ($20.95 \pm 0.26\%$, $38.56 \pm 0.01\%$, $16.63 \pm 0.26\%$ respectivamente). Asimismo, se elaboró mediante un diseño de mezclas de las harinas de leguminosas obtenidas por cocción tradicional, una botana de segunda generación, dando como resultado un total de 10 formulaciones. A las cuales, se les evaluaron la textura y color para comparar con un control (botana comercial). Los resultados mostraron que las formulaciones 3, 4, 6, 7 y 8 (1.67 ± 0.33 , 1.62 ± 0.03 , 1.64 ± 0.36 , 1.76 ± 0.47 y 1.83 ± 0.43) no fueron significativamente diferentes con respecto a la botana comercial (1.56 ± 0.07) en la textura (dureza/kg-F). Las botanas 3, 6, 7 y 8 fueron evaluadas mediante un análisis de aceptación sensorial donde las formulaciones 7 y 8 destacaron por el sabor, la textura y el agrado general con una mediana de 6 en los 3 atributos de acuerdo con la escala hedónica. En la composición química de las botanas de mayor preferencia destacó su porcentaje de proteína (38.84 - 25.22%), su bajo contenido lipídico (13.13 - 3.03%), además de tener una digestibilidad *in vitro* de proteínas de 81.44 - 79.43% y una composición nutracéutica de 1342.61 - 791.87 (mg EAG/g), 330.41 - 343.61 (mg ER/g), 8.64 - 4.35 (mg ECAT/g); con una capacidad antioxidante de 7.46 - 3.36 (mMETrolox/g) y 18.46 - 14.78 (mMolETrolox/g). En conclusión, se pudo desarrollar una botana con mezclas de harinas de leguminosas y que además tiene características físicas similares a una botana comercial con alto contenido de proteínas y bajo contenido de lípidos.

Palabras clave: frijol, soya, garbanzo, botana segunda generación

Abstract

Snacks are a ready-to-eat, portable and quick-to-eat product. They are characterized by their flavor, texture and color, however, they usually have a high content of fats, sugars and sodium, so they can be considered unhealthy. Therefore, the current demand for healthy foods that meet nutritional needs and provide health benefits is increasing. An alternative is the use of legumes such as beans, soy and chickpeas because they stand out for their high protein content, making them a viable option for the preparation of healthy snacks. Therefore, the objective of this work was to develop a second generation baked 'churrito' type snack from a mixture of bean, soy and chickpea flours with low fat content and high protein content. The chemical and nutraceutical composition of the raw materials was evaluated, highlighting a high protein content in bean, soy and chickpea flours ($20.95 \pm 0.26\%$, $38.56 \pm 0.01\%$, $16.63 \pm 0.26\%$ respectively). Likewise, a second-generation snack was produced using a design of mixtures of legume flours obtained by traditional cooking, resulting in a total of 10 formulations. Their texture and color were evaluated to compare with a control (commercial snack). The results showed that formulations 3, 4, 6, 7 and 8 (1.67 ± 0.33 , 1.62 ± 0.03 , 1.64 ± 0.36 , 1.76 ± 0.47 and 1.83 ± 0.43) were not significantly different with respect to the control (1.56 ± 0.07) in the texture (hardness/kg-F). Snacks 3, 6, 7 and 8 were evaluated through a sensory acceptance analysis where formulations 7 and 8 stood out for flavor, texture and general pleasantness with a median of 6 in the 3 attributes according to the hedonic scale. In the chemical composition of the most preferred snacks, their percentage of protein (38.84-25.22%), their low lipid content (13.13-3.03%), in addition to having an in vitro protein digestibility of 81.44-79.43% and a composition nutraceutical of 1342.61-791.87 (mg GAE/g), 330.41-343.61 (mg RE/g), 8.64-4.35 (mg ECAT/g); with an antioxidant capacity of 7.46-3.36 (mMETrolox/g) and 18.46-14.78 (mMolETrolox/g). In conclusion, a snack could be developed with mixtures of legume flours and that also has physical characteristics similar to a commercial snack with high protein content and low lipid content.

Keywords: second generation snacks, common bean, soybean, chickpea

ÍNDICE

Resumen.....	5
Abstract.....	6
I. Introducción.....	12
II. Antecedentes	14
2.1 Botanas y su clasificación.....	14
2.2 Mercado de las botanas	17
2.3 Problemas de salud asociados al consumo de botanas	20
2.4 Innovación en el mercado de botanas	23
2.5 Leguminosas	25
2.5.1 Frijol negro	28
2.5.2 Soya.....	30
2.5.3 Garbanzo	32
2.6 Extrusión.....	35
III. Justificación	36
IV. Objetivos.....	37
4.1 Objetivo General	37
4.2 Objetivos Específicos.....	37
V. Metodología	38
5.1 Materiales	38
5.2 Obtención de las harinas por cocción tradicional	38
5.2.1 Harina de frijol negro	38
5.2.2 Harina de soya.....	38
5.2.3 Harina de garbanzo	39
5.3 Elaboración de la botana	39
5.4 Análisis proximal de las leguminosas, harina y la botana	40

5.4.1 Humedad.....	40
5.4.2 Cenizas	40
5.4.3 Proteína.....	41
5.4.4 Grasa	41
5.5 Fibra dietética	42
5.6 Carbohidratos de las leguminosas, harina y la botana	43
5.7 Caracterización física de las botanas de segunda generación obtenidas de las mezclas de las leguminosas.....	43
5.7.1 Textura	43
5.7.2 Color.....	43
5.8 Evaluación sensorial	44
5.9 Caracterización nutracéutica de las leguminosas, harina y la botana	45
5.9.1 Fenoles totales.....	45
5.9.2 Flavonoides totales	46
5.9.3 Taninos condensados.....	46
5.9.4 Capacidad antioxidante por ABTS	46
5.11 Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína de la botana.....	47
5.12 Diseño experimental y análisis estadístico.....	47
VI. Resultados y discusión	48
6.1 Análisis proximales de las leguminosas crudas y harinas	48
6.2 Fibra dietética total de las leguminosas crudas y harinas.....	53
6.3 Caracterización nutracéutica de las leguminosas crudas y harinas	55
6.4 Elaboración de la botana	58
6.5 Caracterización física de las botanas	59
6.5.1 Textura.....	59
6.5.2 Color	62
6.6 Selección de botanas obtenidas de harinas de leguminosas	63

6.5	Evaluación sensorial de las botanas.....	64
6.5	Análisis proximales de las botanas seleccionadas.....	72
6.7	Fibra dietética total de las botanas seleccionadas	73
6.8	Caracterización nutracéutica de las botanas seleccionadas	74
6.9	Digestibilidad <i>in vitro</i> de la proteína de la botana.....	75
VII.	Conclusiones.....	75
VIII.	Bibliografía.....	76
ANEXOS.	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Composición química del frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	29
Cuadro 2 Composición química de la soya (<i>Glycine max</i>)	31
Cuadro 3 Composición química del garbanzo (<i>Cicer arietinum</i>).....	33
Cuadro 4 Comparación de la composición química de legumbres	34
Cuadro 5 Comparación de la composición química de legumbres (Minerales)	34
Cuadro 6 Comparación de la composición química de legumbres (Vitaminas).....	34
Cuadro 7 Diseño de mezclas de harinas de leguminosas.....	39
Cuadro 8 Composición química de leguminosas crudas y sus harinas.....	48
Cuadro 9 Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble en leguminosas crudas y sus harinas.....	53
Cuadro 10 Compuestos fenólicos de las leguminosas crudas y sus harinas	55
Cuadro 11 Capacidad antioxidante de las leguminosas crudas y sus harinas.....	57
Cuadro 12 Dureza máxima y humedad de las formulaciones obtenidas del diseño de mezclas de harinas de leguminosas.....	60
Cuadro 13 Parámetros de color de botanas de harinas de leguminosas.....	62
Cuadro 14 Composición química de las botanas	72
Cuadro 15 Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble en las botanas	73
Cuadro 16 Compuestos fenólicos de las botanas	74
Cuadro 17 Capacidad antioxidante de las botanas.....	74
Cuadro 18 Digestibilidad in vitro de la proteína de las botanas	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación tecnológica de botanas a base de cereales.....	15
Figura 2 Botanas de primera generación	15
Figura 3 Botanas de segunda generación	16
Figura 4 Botanas de tercera generación	17
Figura 5 Consumo de botanas saladas por categoría	19
Figura 6 Participación en el mercado de botanas saladas en México.....	20
Figura 7 Evaluación sensorial de botanas de frijol, soya y garbanzo.....	45
Figura 8 Elaboración de botana a base de frijol, soya y garbanzo.	58
Figura 9 Botanas de frijol, soya y garbanzo.....	59
Figura 10 Efecto de las harinas de leguminosas en la textura (dureza kg-F) de las botanas.....	61
Figura 11 Colores de botanas de frijol, soya y garbanzo.	63
Figura 12 Evaluación sensorial de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	65
Figura 13 Valoración de la apariencia de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.....	66
Figura 14 Valoración del color de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	67
Figura 15 Valoración del sabor de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	68
Figura 16 Valoración de textura de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	69
Figura 17 Valoración de resabio de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	70
Figura 18 Valoración de agrado general de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo. ..	71
Figura 19 Evaluación sensorial de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.	72

I. Introducción

Las botanas son productos de consumo frecuente en la población mundial, tanto en adultos y adolescentes como en niños. Al ser un producto predilecto en la vida cotidiana, se han convertido en un segmento importante en la industria alimentaria, además de que son productos accesibles y listos para consumirse a cualquier hora del día y en cualquier lugar (Saldivar, 2016). Las botanas se caracterizan por ser productos muy apetecibles, destacando principalmente su textura, sabor, forma, tamaño y color. Sin embargo, pese a que son productos muy sensorialmente aceptados suelen tener un alto contenido de sodio, grasa saturada y azúcares, por lo cual se les puede considerar poco saludables. Asimismo, el contenido de proteínas, vitaminas, minerales, fibra y otros nutrimentos, es bajo por lo que no se consideran “alimentos verdaderos” (Pérez-Navarrete et al., 2006; Navarro et al., 2014; Hess et al., 2016).

En América Latina se puede apreciar que se tienen patrones nutricionales marcados por un aumento en el consumo de botanas no saludables. Debido a esta razón se ha visto afectada considerablemente la salud de los consumidores, provocando un incremento gradual en enfermedades relacionadas con el desequilibrio nutricional; tales como la desnutrición. Este padecimiento es una condición que el cuerpo desarrolla cuando hay un desequilibrio y sobre todo carencia en la cantidad de nutrientes vitales como carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y otras sustancias que el cuerpo necesita para su óptimo desarrollo (OMS, 2021). Al ingerir botanas se consumen las denominadas ‘calorías vacías’, haciendo referencia a aquellos alimentos energéticamente densos, pero cuya composición nutricional es de baja calidad, sin aportes benéficos a la salud.

En consecuencia, para poder proveer a la población alternativas que ayuden a controlar y evitar problemas a la salud se han estado desarrollando e innovando en botanas saludables y funcionales que asemejen las características organolépticas de las botanas convencionales (Riaz, 2016). Resaltando mayor atención a los

productos de origen natural, como frutas, verduras, cereales y legumbres como principal materia prima de elaboración de botanas (Perfilova et al., 2020).

Las legumbres se encuentran entre las semillas más valiosas desde el punto de vista nutricional debido a su notable cantidad y distribución de macro, micronutrientes y compuestos bioactivos. Dentro de las legumbres más importantes nutricionalmente hablando se encuentra el frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietium*). Destaca su gran contenido energético derivado de sus; carbohidratos en forma de almidón y oligosacáridos; son una importante fuente de proteína vegetal; además contienen considerables cantidades de fibra dietética, ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados, vitaminas, minerales y compuestos fenólicos. Se ha reportado que su alto contenido proteico puede contribuir a asegurar un crecimiento saludable en niños, previniendo así la desnutrición proteico-energética (Corrigan, 2017). Con ello, la investigación sobre legumbres ha aumentado, brindando alternativas alimentarias innovadoras para promover su consumo, como la incorporación de legumbres en productos de panadería, pastas, tortillas y botanas.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue desarrollar una botana de segunda generación horneada a base de frijol, soya y garbanzo mediante un diseño de mezclas que permita contribuir con las necesidades nutrimentales de los consumidores, siendo opción viable para satisfacer la demanda de alimentos saludables.

II. Antecedentes

2.1 Botanas y su clasificación

De acuerdo con la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, se entiende por botanas a los productos de pasta de harina, 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. En general, las botanas se perciben como pequeñas porciones de alimentos envasados, fáciles de transportar, de manipular, listas para consumirse, accesibles, sólidas o líquidas y sobre todo que satisfagan el hambre por periodos de tiempo cortos. Dentro de las propiedades que describen a una botana podemos encontrar el sabor, textura, color, tamaño y forma con el fin de ser más apetecibles que los alimentos convencionales. Adicionalmente tienden a tener un alto contenido de sodio, grasa saturada y carbohidratos, por lo que son consideradas productos con elevado contenido calórico. Por otro lado, tradicionalmente tienen bajo contenido de proteínas, vitaminas, minerales, fibra y otros nutrimentos, por lo cual habitualmente no se consideran 'alimentos verdaderos' (Pérez-Navarrete et al., 2006; Navarro et al., 2014; Hess et al., 2016). Pese a ello, estos productos son muy populares puesto que se han convertido en un frecuente consumo de la población mundial al ser fácilmente consumidas a cualquier hora del día y lugar, además de que no requieren condiciones especiales para su almacenamiento y consumo.

Anteriormente la industria de las botanas ofrecía una limitada diversidad de productos. Sin embargo, con el paso de los años y a causa de su popularidad y demanda, actualmente existen una extensa variedad de este tipo de productos. Para alcanzar el desarrollo de esta variedad la industria de alimentos ha innovado en sus técnicas de elaboración que han permitido a su vez prolongar la vida de anaquel, dando pie a la creación de distintas botanas con mejores características organolépticas atractivas para el consumidor (Gómez, 2013).

Con el tiempo las botanas se han clasificado de múltiples maneras con base a diversas características por lo que no hay una clasificación precisa. Dentro de estas clasificaciones se ha utilizado una clasificación tecnológica basada en su proceso de producción (Figura 1) de acuerdo con la gran variedad de botanas a base de cereales que actualmente existe (Gasparre y Rosel, 2021).

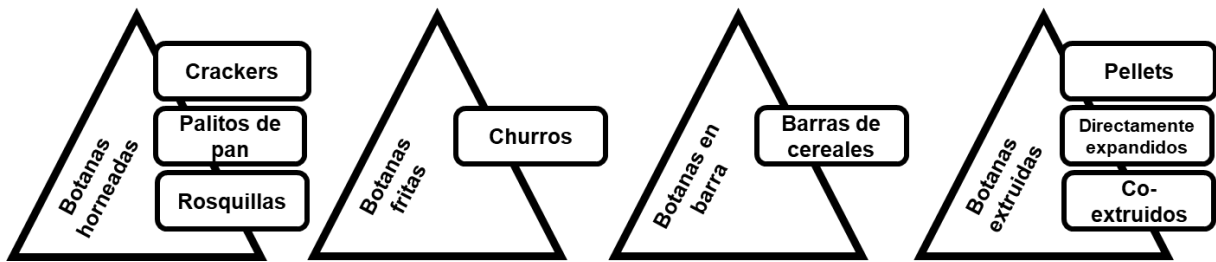


Figura 1 Clasificación tecnológica de botanas a base de cereales (Adaptado de Gasparre y Rosel, 2021)

Otra clasificación es de acuerdo con su desarrollo y complejidad, siendo clasificadas en botanas de primera, segunda y tercera generación (Rodríguez-Miranda et al., 2011; Ramos-Díaz et al., 2015; Valenzuela-Lagarda et al., 2017; Gasparre y Rosel., 2021).

Las botanas de primera generación son productos obtenidos con mínimo procesamiento, que integra la combinación de temperatura y humedad. Dentro de estos se encuentran: los cacahuates enchilados, garapiñados, nueces, palomitas de maíz de microondas y productos deshidratados, entre otros (Figura 2) (Navarro, 2014).



Figura 2 Botanas de primera generación (Riaz, 2016).

Por su parte, las botanas de segunda generación se definen como los productos extruidos directamente expandidos, que abarcan los elaborados a partir de harinas simples, mezcladas, cocidas y formadas al utilizar un extrusor. Las condiciones de humedad, temperatura, presión y trabajo mecánico son factores importantes en este tipo de botana. Adicionalmente en la elaboración de estas botanas es necesario el secado con la finalidad de adquirir las características físicas, sensoriales derivada de una humedad baja de (4% como máximo, Figura 3) (Navarro, 2014).

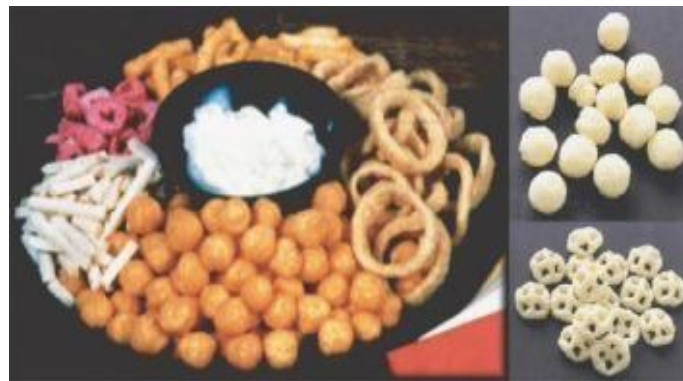


Figura 3 Botanas de segunda generación
(Riaz, 2016)

Por último, las botanas de tercera generación, también denominados pellet, son productos intermedios o alimentos semiprocesados, involucran una extensa variedad de productos con una elaboración más compleja en cuanto a formas, composición nutricional y características organolépticas. Se diferencia de las botanas de segunda generación en que durante el procesamiento solo se les da un formado y se expanden por microondas o freído (Figura 4). Cabe mencionar que este tipo de botanas son ampliamente preferidas por personas de todas las edades (Navarro, 2014).



Figura 4 Botanas de tercera generación (Riaz, 2016)

2.2 Mercado de las botanas

El sector del mercado alimentario de las botanas ha reportado que su consumo ha aumentado sustancialmente en los últimos años en todos los grupos de edad en todo el mundo. Estos productos se caracterizan por estar listos para comer al instante, son sabrosos y generalmente asequibles, lo que satisface las demandas de los consumidores actuales en cuanto a alimentos capaces de ser portátiles y de consumirse rápidamente (Mattes, 2018; Vatanparast et al., 2020). Estos productos se han convertido en un hábito dietético prominente y ha aumentado con el tiempo en prevalencia, frecuencia, tamaño de las porciones y aporte energético.

Por otro lado, se ha reportado que durante las últimas décadas el estilo de vida de la sociedad ha cambiado y cada vez más el ritmo de vida es más acelerado, demandando a que las actividades habituales se realicen de manera más rápida y con ello se disminuya el tiempo disponible para preparar alimentos en el hogar; cambiado considerablemente los patrones alimenticios y hábitos dietéticos. Incrementando la demanda de alimentos de fácil consumo y manejo como lo son las botanas (Capella et al., 2014). También se atribuye el incremento del consumo de botanas al gran porcentaje de la población en países de desarrollo, como Latinoamérica, que no se dan el tiempo para las comidas principales (desayuno, comida y cena) y por ende recurren a este tipo de productos.

El mercado de botanas se clasifica según el tipo, el canal de distribución y la región. Por tipo se describe de acuerdo con la materia prima utilizada. Por canal de distribución abarca hipermercados, supermercados, minoristas, tiendas independientes y tiendas de conveniencia. Los hipermercados y supermercados son los que aportan el mayor porcentaje de los ingresos totales a las industrias productoras de botanas, ya que estos puntos de venta están equipados con diversas opciones y variedades de diferentes marcas, cuentan con promociones y precios más bajos a comparación de las tiendas minoristas y de conveniencia. Por región, el mercado de botanas en Latinoamérica esta geográficamente segmentado en Brasil, México, Argentina, Chile y el resto de los países de América Latina (Market Data Forecast, 2022). El sector de las botanas es uno de los más importantes en Latinoamérica y específicamente en México, siendo un negocio que ha contribuido sustancialmente a la economía nacional.

Se estima que la industria global de botanas obtuvo ingresos de 215.9 mil millones de dólares al cierre del año 2020 y que estos alcanzarán los 264.8 mil millones de dólares en 2023. Se ha reportado que Norteamérica es el mercado más grande; sin embargo, Latinoamérica, Asia-Pacífico y Europa del Este se han convertido en las regiones de más rápido crecimiento, debido al aumento de los niveles de ingreso y la rápida urbanización. Por otro lado, la pandemia del Covid-19 ha traído grandes oportunidades de negocio para esta industria, pues los consumidores recurrieron a comida confortante ("*comfort food*"), ya que al estar en casa optaron por adquirir paquetes más grandes de este tipo de alimento.

En el año 2020 el consumo anual per cápita de botanas en México alcanzó aproximadamente 7.8 kg destacando a las frituras de maíz como las botanas que más se consumen (23.2%) seguida de las papas fritas (22.2%), botanas de maíz inflado (19%), galletas saladas (16%), nueces, semillas y mezclas de frutos secos (12.9%); y otro tipo de botanas 4.7% (Figura 5). Las botanas con mayor éxito en México son las que producen una sensación picante, lo que ha contribuido a incrementar su consumo (Navarro et al., 2014).

Las marcas líderes del mercado de botanas saladas en México son: Sabritas (13.6%),Cheetos (7.9%), Doritos (7.7%), Ruffles (6.1%) y Rancheritos (5.3%), de las cuales son propiedad de Sabritas, S.R.L. de C.V. Asimismo, la empresa de mayor presencia en el mercado mexicano es Sabritas con un (55.4%), seguida de Bimbo con (22.2%), Barcel (10.9%), Pepsico (4.5%), Bokados (2.7%), Conagra Foods (1.5%), BYDSA (1.3%), Cazadores (0.8%) y finalmente Charras con un (0.7%) (Figura 6) (Euromonitor international, 2021).

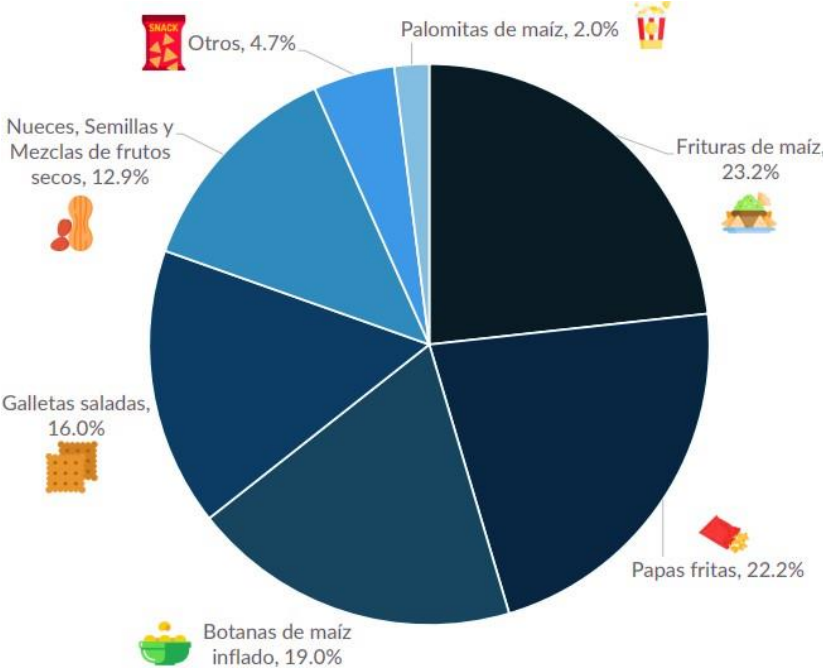


Figura 5 Consumo de botanas saladas por categoría (Euromonitor international, 2021)

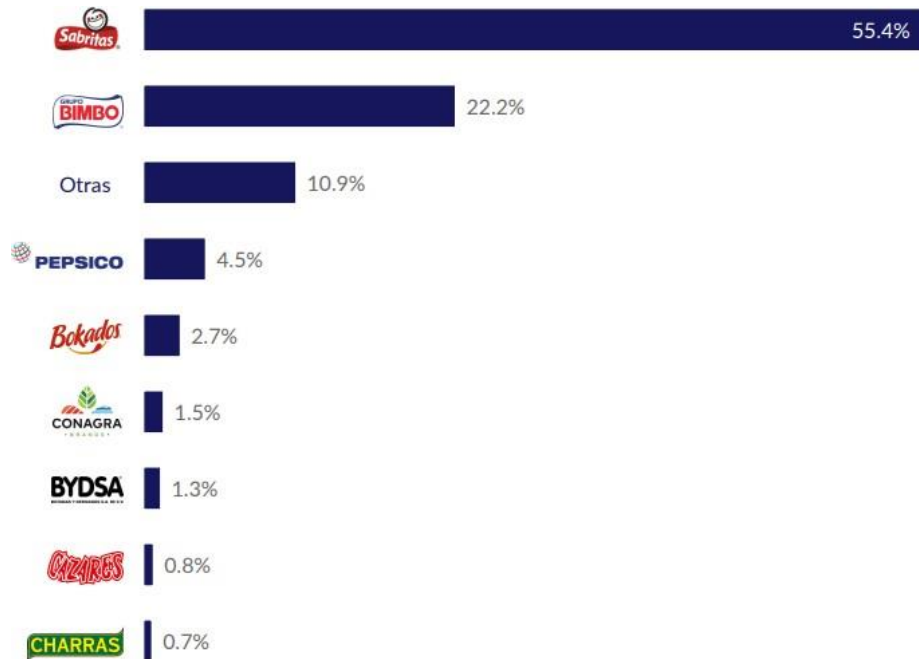


Figura 6 Participación en el mercado de botanas saladas en México (Euromonitor international, 2021)

2.3 Problemas de salud asociados al consumo de botanas

La alimentación se considera una necesidad fisiológica para el óptimo desarrollo del cuerpo humano con lo que se logra un sistema inmune fuerte para protegerlo de enfermedades. Del mismo modo tener hábitos alimenticios saludables permiten tener múltiples beneficios a la salud. El acceso a alimentos saludables se debe a múltiples factores como su disponibilidad en el mercado, el estatus socioeconómico y el sector geográfico dentro de los más destacados. Una de las situaciones actuales es el fácil acceso a alimentos con niveles elevados de grasas, azúcares, sales y aditivos, mejor conocidos como 'comida chatarra' dentro de los cuales encontramos a las botanas con mayor consumo (Almoraie et al., 2021).

El maíz y el trigo son de los principales cereales usados en la elaboración de botanas, los cuales se caracterizan por proveer una serie de nutrientes que proporcionan ventajas a la salud; no obstante, durante su procesamiento para la obtención de botanas se pierde gran parte de sus nutrientes. Además, por lo

general en la elaboración de botanas se utilizan desmesuradamente ingredientes como almidones, harinas refinadas, azúcares, sodio, lípidos, así como conservadores y colorantes artificiales. Además, algunas de las técnicas empleadas para la obtención de botanas favorecen el aumento de grasas saturadas o trans en el producto final. Por ejemplo, una de las técnicas más empleadas es el 'freído', en el cual es necesario sumergir el producto en aceite a altas temperaturas (>200°C); provocando cambios nutricionales y físicos en el producto y en algunos casos, se ha reportado que el contenido final de lípidos va del 33 al 39% (Ciappini et al., 2016).

Ahora bien, la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018) reporta que las botanas de mayor consumo elaboradas de maíz y trigo presentan un alto contenido calórico (promedio de 518 kilocalorías por cada 100 g de producto) lo que equivale aproximadamente a una cuarta parte del total de las kilocalorías que se deben consumir al día según la recomendación de la OMS (2000 kilocalorías), debidas a los lípidos y carbohidratos que contienen. Los lípidos contenidos oscilan alrededor de 30 g por cada 100 g de producto, estas pueden ser lípidos saturados o insaturados en posición trans y provienen del aceite utilizado en su proceso de producción. Por su parte, el contenido de azúcares totales es elevado considerando que es un alimento elaborado de cereales, su porcentaje oscila entre 47.5 y 62.6%, proporcionando la sensación de saciedad. La cantidad de sodio es destacable, con un amplio rango que va desde los 492 miligramos hasta los 2 906 miligramos por cada 100 g de producto; la cantidad se considera elevada a partir de los 500 miligramos por cada 100 g de alimento. El porcentaje de proteínas contenidas es relativamente bajo y en promedio es de un 6%. Por último, el aditivo más prominente es el glutamato monosódico (GMS) que funge como potenciador de sabor, provocando la sensación de seguir comiendo este tipo de productos. Este tipo de alimentos tiene una disponibilidad y consumo creciente, ocasionando una tendencia preocupante dado que su consumo excesivo representa un factor de riesgo en la salud de quien lo consume.

En América Latina se puede apreciar que se tienen patrones nutricionales marcados por un aumento en el consumo de botanas, provocando un incremento gradual en enfermedades relacionadas con el desequilibrio nutrimental; es decir malnutrición. La malnutrición es un concepto que combina una alimentación inadecuada por defecto o carencia (desnutrición) con un exceso de alimentación o una ingesta desequilibrada de alimentos no saludables que se puede transformar en sobrepeso y obesidad (OMS, 2021). América Latina y el Caribe enfrentan actualmente el desafío de una doble carga de morbilidad, lidiando con el problema no resuelto de la desnutrición causada por déficits nutricionales, por un lado; y enfrentando un aumento constante de enfermedades cardiovasculares y crónico degenerativas relacionadas con el sobrepeso y obesidad por el otro (Uauy, 2004). Adicionalmente, la pandemia de COVID-19 ha empeorado una crisis de malnutrición preexistente. Con los servicios interrumpidos y los medios de vida devastados, las familias tienen más dificultades para disponer de alimentos saludables en la mesa, lo que deja a muchos niños y niñas con hambre y a otros con sobrepeso. Para brindar bienestar, vidas saludables y asegurar que las familias en Latinoamérica tengan acceso a alimentos nutritivos y asequibles, se necesita transformar los sistemas alimentarios (FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF, 2021).

A este nivel, las botanas pueden tener un doble impacto en la salud humana; el exceso de su consumo puede provocar un desequilibrio nutricional y desencadenar una serie de enfermedades como lo es la desnutrición. La desnutrición es una condición que el cuerpo desarrolla cuando hay una descompensación y sobre todo carencia en la cantidad de nutrientes vitales como carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas, minerales y otras sustancias que el cuerpo necesita para su óptimo desarrollo. Una de las causas inmediatas incluye la alimentación inadecuada en cantidad o calidad. A largo plazo, este padecimiento tiene efectos negativos sobre el desarrollo cognoscitivo y motor, la inmunidad y la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas. Esto es, a su vez, el resultado tanto de una inapropiada disponibilidad de alimentos como de servicios de salud, de educación, así como de una infraestructura sanitaria deficiente (causas subyacentes) (UNICEF, 2019). Ahora bien, uno de los factores más importantes por el cual se adquieren este tipo

de alimentos es su bajo costo, convirtiéndose en alimentos de fácil acceso para todo sector de la población y principalmente sectores con mayor riesgo de ser afectados en cuestión de salud. Al ser económicos, prácticos y de fácil disponibilidad atraen al consumidor. Sin embargo, tienen importantes repercusiones en la salud. Al ingerir botanas se consumen las denominadas ‘calorías vacías’, haciendo referencia a aquellos alimentos energéticamente densos, pero cuya composición nutrimental es de baja calidad aportando a la salud ningún beneficio, por lo que se convierte en un importante elemento de causa de la desnutrición.

Por el contrario, si vemos desde otro punto de vista el consumo de botanas saludables puede ayudar a contribuir con el equilibrio nutricional que el cuerpo humano necesita y al mismo tiempo controlar la saciedad. Este impacto depende claramente del tipo de ingredientes que se utilicen y las técnicas para su elaboración. Por lo tanto, eliminar las botanas del mercado no es una opción, sino que se necesita replantear y reformular estos productos con el fin de proveer al público alimentos nutritivos y que al mismo tiempo satisfagan sus necesidades en cuanto al sabor, tamaño, color, entre otros.

2.4 Innovación en el mercado de botanas

En vista del incremento de enfermedades y demás problemas a la salud que causa el consumo excesivo de botanas no saludables, existe una creciente demanda por desarrollar e innovar nuevos productos que proporcionen la calidad nutrimental que se necesita para contribuir con una alimentación equilibrada, es decir, botanas con un mayor contenido de proteínas, fibra dietética, vitaminas, minerales y otros compuestos bioactivos benéficos a la salud.

La responsabilidad de una alimentación que garantice una buena calidad de vida se extiende a los consumidores y a las empresas. La gestión en el desarrollo de nuevos productos es un reto para las empresas que manufacturan alimentos porque, además de ofrecer productos con cualidades nutritivas, éstos deben ser comercialmente viables (Carrete et al., 2018). Las botanas saludables son una

nueva tendencia que se ha ido incorporando poco a poco. Se están convirtiendo en aquella opción que cubre con lo que el consumidor necesita: una alimentación sana sin necesidad de invertir mucho tiempo, puesto que estos alimentos están diseñados para ser consumidos con practicidad (Chacón -Orduz et al., 2017). Por otro lado, la pandemia por COVID-19 ha promovido que cuidar de la salud sea lo más importante por lo cual impulsa el desarrollo y diversificación de botanas saludables.

La alternativa de desarrollar botanas funcionales puede aumentar el acceso a opciones de alimentos saludables y con calidad nutritiva con beneficios a la salud, además de tener un impacto en la vida real y una eficiencia social extremadamente importante. De este modo se ha prestado mayor atención a los productos nacionales de origen natural, como frutas, hortalizas, cereales y leguminosas como principal materia prima para la elaboración de un alimento saludable y funcional, por su disponibilidad, renovabilidad y preferencias de consumo por parte de todos los grupos de la población (Perfilova et al., 2020). Es necesario destacar que el consumo de botanas nutritivas puede considerarse como prevención primaria de la desnutrición en todas las edades además de contribuir a su control, de la misma manera estos alimentos pueden también dirigirse a personas con requisitos específicos como alternativas bajas en azúcar, sal o sin gluten (Ahmed et al., 2022).

Dentro de las existentes marcas de botanas saludables en México con una tendencia creciente están: 'Come verde', que ofrece una variedad de productos a base de frutas, maíz y frutos secos utilizando métodos para su elaboración como el horneado. En segundo lugar, encontramos a 'Susalia' empresa que fabrica una amplia variedad de productos horneados de maíz con nopal, así como productos deshidratados. También está Better snack que se dedica a la elaboración de botanas orgánicas de maíz blanco y azul adicionadas con ajonjolí y nopal. En general, cada una de ellas tiene como misión aportar botanas para lograr una sociedad mexicana más saludable. Por otro lado, encontramos múltiples investigaciones y desarrollo de botanas a nivel piloto, dentro de las

cuales están: chips elaborados con harina de frijol pinto (65%) y harina de frijol faba (López- Martínez et al., 2019); botana de harina a base de frijol blanco, negro y pinto (Simons et al., 2015); botana a base de harina de lentejas (Ciudad-Mulero et al., 2020); botana a base de harina de lentejas, salvado de trigo y fibra de manzana (Morales et al., 2015); botana a base de harina desgrasada de garbanzo Kabuli, harina de maíz y harina de sorgo (Bekele et al., 2020); botana a base de harina de garbanzos fermentados y goma de algarrobo (Yagcý et al., 2020); botanas a base de chíá y almidón de maíz resistente (Gómez, 2013); botana a base de harinas extruidas de maíz y frijol (Meza, 2011); botanas a base de maíz y amaranto (Valencia, 2017); botana a base de sorgo y amaranto (Manzo, 2019), entre otras.

2.5 Leguminosas

Las leguminosas son las plantas que producen legumbres, vainas que encierran en su interior una semilla o una hilera de semillas que generalmente se consumen secas. Entre ellas se encuentran las semillas más valiosas desde el punto de vista nutricional debido a su notable cantidad y distribución de macro, micronutrientes y compuestos bioactivos. Sin embargo, el consumo global de legumbres *per cápita* no ha aumentado en las últimas tres décadas, a pesar del crecimiento masivo de la población. La Asamblea General de las Naciones Unidas declaró en el 2016 como el Año Internacional de las Leguminosas, con el objetivo de aumentar la conciencia pública sobre los beneficios nutricionales de las leguminosas. Su alto contenido proteico contribuye a asegurar un crecimiento saludable en niños, previniendo así la desnutrición proteico-energética (Azarpazhooh y Boye, 2012). Los péptidos bioactivos podrían modular marcadores biológicos asociados con enfermedades no transmisibles como hipertensión, diabetes tipo 2, estrés oxidativo y cáncer (Luna-Vital et al., 2015). Los carbohidratos son en su mayoría almidones de digestión lenta, lo que evita un aumento repentino de los niveles de glucosa en sangre (Messina, 2014). La fibra soluble, componente principal, tiene la capacidad para formar un gel viscoso en el tracto gastrointestinal que limita la absorción de colesterol durante la digestión, lo que reduce el riesgo de enfermedades cardiovasculares. Por otro lado,

la fibra soluble se fermenta en el colon y produce ácidos grasos de cadena corta (AGCC), que ayudan a prevenir el cáncer de colon y la enfermedad inflamatoria intestinal, entre otras condiciones. Adicionalmente, la fibra soluble incluye el control de los niveles de glucosa, la promoción de la saciedad y la prevención del estreñimiento (Jenkins et al., 2019; Thavarajah et al., 2019).

Las legumbres contienen polifenoles, que se concentran principalmente en la testa y en concentraciones menores en el cotiledón. Se ha informado que los polifenoles proporcionan efectos antioxidantes, antiinflamatorios, anti mutagénicos, anticancerígenos, antibacterianos y antidiabéticos (Singh et al., 2007). Otros componentes bioactivos menores presentes en las legumbres son fitoesteroles, saponinas, lectinas, ácido fítico y oligosacáridos (Campos-Vega et al., 2010). Además, las legumbres son una rica fuente de minerales como calcio, hierro, fósforo, potasio, magnesio, cobre y zinc (Messina, 2014). Las vitaminas también son abundantes, especialmente las del complejo B, incluidas la tiamina (B1), la riboflavina (B2), niacina (B3), el folato (B9) y la cobalamina (B12) (Azarpazhooh y Boye, 2012). Estas moléculas juegan un papel esencial en el mantenimiento de las funciones corporales fisiológicas, el metabolismo celular, la función neuromuscular y el equilibrio osmótico (Corrigan, 2017).

Con ello, la investigación sobre leguminosas ha aumentado, brindando alternativas alimentarias innovadoras para promover su consumo, como la incorporación de leguminosas en productos de panadería, pastas, sopas, cereales, tortillas, sustitutos de la carne, bebidas y botanas. Las botanas a base de legumbres se producen a través de distintos métodos como extrusión, fritura profunda y horneado. Cada proceso confiere ventajas y desventajas relacionadas con la aceptabilidad sensorial, la composición nutricional, las propiedades funcionales y el potencial biológico. Comprender la interacción de los ingredientes en la matriz alimentaria durante el procesamiento podría ayudar a predecir las características sensoriales y nutricionales finales de las botanas a base de legumbres. La extrusión es un proceso con usos significativos en la industria alimentaria, incluidas las empresas de botanas, pastas y cereales para el

desayuno. Las botanas extruidas son atractivas para los consumidores debido a su textura crujiente, estabilidad en almacenamiento y sabor agradable (Berrios, 2006). Además, este proceso aumenta la digestibilidad de la proteína y el almidón, y reduce los factores antinutricionales (Nyombaire et al., 2011). El alto contenido de proteína y fibra dietética de las legumbres las convierte en ingredientes adecuados para producir botanas extruidas.

Por otro lado, el método de horneado es probablemente la técnica más antigua para la producción de botanas. Generalmente, hornear consiste en mezclar los ingredientes secos, hidratar la mezcla para formar una masa, en ocasiones fermentar, moldear la masa, hornear en seco o húmedo y enfriar la masa horneada. La mayoría de las botanas horneadas a base de leguminosas carecen de gluten, lo que da como resultado una masa con poca textura en lugar de masa, que da un producto con una textura que se desmorona, color pobre y otros defectos de calidad (Naqash et al., 2017). Aunque los bocadillos horneados a base de trigo generalmente presentan una mayor aceptabilidad que algunas botanas a base de legumbres, éstas han demostrado ser igualmente aceptados que los equivalentes a base de harina de trigo. Por lo tanto, la inclusión de legumbres no implica una reducción en la aceptación del consumidor. Algunos ingredientes de sustitución han sido efectivos, produciendo productos horneados y extruidos a base de leguminosas con atributos sensoriales deseables.

Dentro de las legumbres más importantes nutricionalmente hablando se encuentra el frijol, soya y garbanzo. En general son alimentos muy completos, aportando macro y micronutrientes a la alimentación. Destaca su gran contenido energético; derivado de sus carbohidratos en forma de almidón y oligosacáridos; son una importante fuente de proteína vegetal; además contienen considerables cantidades de fibra dietética; ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados; de vitaminas y minerales como calcio, magnesio, potasio, fósforo, zinc, hierro, vitamina B1 (tiamina), B3 (niacina), B6 y folatos; de compuestos fenólicos como taninos, flavonoles e isoflavonas.

2.5.1 Frijol negro

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) negro es una de las leguminosas más importantes para consumo humano en el mundo, se caracteriza por ser una importante fuente de proteínas, carbohidratos (almidón y fibra dietética) en la alimentación. En comparación con otras fuentes de proteína, como los productos de origen animal, el frijol es una fuente proteica muy económica que además se puede incorporar a distintas formulaciones de alimentos. También, puede promover actividades biológicas debido a la presencia de compuestos fenólicos, aminoácidos, tocoferoles, fibra dietética, péptidos, ácidos grasos insaturados, almidón resistente y minerales. En el Cuadro 1 presenta la composición química y nutricional del frijol negro (Paredes et al., 2006). El contenido de fibra dietética en el frijol puede aportar tres veces más por cada 100g a comparación de otros alimentos básicos. Además, la fibra dietética junto a otros compuestos como el almidón se relacionan con la protección del tracto digestivo, destacando la mejora en salud del colon. Asimismo, en comparación con cereales como trigo, maíz y arroz, el frijol presenta un porcentaje considerable de almidón y a su vez su digestión se atribuye al gran contenido de amilosa, ácido fítico, los taninos y los inhibidores de α -amilasa. Por esta razón, la tasa de digestión del almidón y, por lo tanto, la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo, son más lentas después de la ingestión de legumbres, lo que resulta en respuestas posprandiales glucémicas e insulinémicas reducidas en comparación con los cereales o las papas.

Por otro lado, la proteína de frijol negro contiene aminoácidos, principalmente tirosina, lisina y prolina. Se ha reportado que la ingesta de proteínas de origen vegetal contribuye a la disminución y riesgo de enfermedades crónico-degenerativas. Adicionalmente, los péptidos de esta leguminosa proveen propiedades antioxidantes, antihipertensivas y antimicrobianas. Por igual, pueden llegar a inhibir ciertas enzimas que se asocian con enfermedades crónicas, entre ellas están dipeptidil peptidasa IV (DPP-IV), α -amilasa y α -glucosidasa, relacionadas con diabetes tipo 2; enzima convertidora de angiotensina (ACE por sus siglas en inglés), asociada con

hipertensión; que es fundamental para controlar la presión arterial ya que cataliza la conversión de angiotensina I a angiotensina II. De igual forma, se ha demostrado que los péptidos del frijol inhiben la acumulación de lípidos en los adipocitos y contribuyen al control de la absorción de glucosa al estimular la secreción de insulina por parte de las células pancreáticas. El frijol también se caracteriza por sus compuestos fenólicos entre los cuales se incluyen los flavonoides, antocianinas, flavonoles, flavanoles, isoflavonas, flavanonas, proantocianidinas y taninos, así como una amplia gama de ácidos fenólicos. Dichos compuestos se encuentran de forma libre en el frijol negro. Conjuntamente, dentro de los ácidos grasos presentes en el frijol están los ácidos grasos insaturados linolénico, linoleico y oleico, además de palmítico que es un ácido graso saturado (Los et al., 2018).

Cuadro 1 Composición química del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)

Indicadores	Contenido %	Requerimientos mínimos diarios (adultos)
Composición química		
Proteína (g)	14 - 33	41-54
Lípidos (g)	1.5 - 6.2	77-117
Fibra total (g)	14 - 19	>35
Insoluble	10.1 - 13.4	-
Soluble	3.1 - 7.6	-
Cenizas (mg)	2.9 - 4.5	100
Carbohidratos (g)	52 - 76	288-413
Cantidad de proteína		
Digestibilidad	52 - 75	
Relación de eficiencia proteínica	0.7 - 1.5	
Aminoácidos esenciales (g/100g proteína)		
Fenilalanina + Tirosina	5.3 - 8.2	6.3
Isoleucina	2.8 - 5.8	2.8
Leucina	4.9 - 9.9	6.6
Lisina	6.4 - 7.6	5.8
Metionina + Cisteína	1.2 - 1.5	2.5
Treonina	4.4 - 7.0	3.4
Valina	4.5 - 6.7	3.5
Vitaminas (mg/100g)		
Tiamina (B1)	0.86 - 1.14	1.5
Riboflavina (B2)	0.14 - 0.27	2.2

Niacina (B3)	1.16 – 2.68	0.019
Piridoxina (B6)	0.34 – 0.64	2.0
Ácido fólico	0.17 – 0.58	0.5
Minerales (mg/100g)		
Calcio	9 – 200	800 – 1000
Cobre	0.7 – 1.2	
Fósforo	460	800 – 1000
Hierro	3.8 – 7.6	15
Magnesio	200	300 – 400
Zinc	2.2 – 4.4	15
Otros componentes		
Taninos (<i>mgeq. cat./g</i>) ^a	9.6 – 131.4	
Inhibidores de tripsina (<i>UIT./mg</i>) ^b	13 – 29	
Ácido fítico (%)	0.6 – 2.7	

2.5.2 Soya

La soya (*Glycine max*) es una de las leguminosas más importantes debido a su composición química y valor nutritivo. El Cuadro 2 presenta la composición química y nutricional de la soya. En comparación con otras leguminosas y cereales, la soya se caracteriza principalmente por su gran aporte proteico, que es aproximadamente un 40%. Contiene gran parte de los aminoácidos esenciales requeridos en la nutrición humana: isoleucina, leucina, lisina, metionina y cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina e histidina. No obstante, es bajo en contenido de metionina y triptófano. El segundo componente en mayor proporción son los carbohidratos; sin embargo, su valor económico es menos importante que la proteína y los lípidos. Su contenido de grasas es en promedio de 20%. Sus niveles de lecitina, fosfolípido necesario para las células vivas, son importantes por diversos factores; permite asimilar las vitaminas, aumenta el colesterol HDL, y reduce el colesterol LDL, al tiempo que reduce el nivel de triglicéridos. Los ácidos grasos de la soya son del tipo insaturados entre los cuales encontramos el ácido linoleico, seguido por el ácido oleico, palmítico, linolénico y esteárico. También contiene algunos ácidos grasos menores, incluidos el ácido araquídico, behénico, palmitoleico y mirístico. Además de lípidos, proteínas y carbohidratos, la soya también contiene varios componentes menores, incluidos minerales, vitaminas, fitina y compuestos fenólicos. Entre los

principales componentes minerales de la soya, el potasio se encuentra en mayor concentración, seguido del fósforo, magnesio, azufre, calcio, cloruro y sodio.

Cuadro 2 Composición química de la soya (*Glycine max*) (Moreiras et al., 2013)

Indicadores	Por 100g de porción comestible	Requerimientos mínimos diarios (mujeres)	Requerimientos mínimos diarios (hombres)
Energía (Kcal)	406	2 300	3 000
Proteína (g)	35.9	41	54
Lípidos totales (g)	18.6	77 - 89	100 – 117
AG saturados (g)	2.3	18 – 20	23 – 27
AG monoinsaturados (g)	3.5	51	67
AG poliinsaturados (g)	9.1	13	17
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	<230	<300
Carbohidratos (g)	15.8	288 - 316	375 – 413
Fibra total (g)	15.7	>25	>35
Agua	14	2 000	2 500
Calcio (mg)	240	1 000	1 000
Hierro (mg)	9.7	18	10
Yodo (µg)	6	110	140
Magnesio (mg)	250	330	350
Zinc (mg)	4.3	15	15
Sodio (mg)	5	< 2 000	< 2 000
Potasio (mg)	1 730	3 500	3 500
Fósforo (mg)	660	700	700
Selenio (µg)	14	55	70
Tiamina (mg)	0.61	0.9	1.2
Riboflavina (mg)	0.27	1.4	1.8
Equivalentes niacina (mg)	7.7	15	20
Vitamina B6 (mg)	0.38	1.6	1.8
Folatos (µg)	370	400	400
Vitamina B12 (µg)	0	2	2
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	2	1 000	1 000
Vitamina D (µg)	0	15	15
Vitamina E (Mg)	2.9	12	12

Las vitaminas solubles en agua presentes en la soya incluyen principalmente tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico. Las vitaminas solubles en aceite presentes en la soya son las vitaminas A y E, pero carece de vitaminas D y K (Liu, 1997). Otra de las características de la soya es su contenido en isoflavonas con potentes propiedades antioxidantes. La doble actividad de éstas, actuando a la vez

como estrogénicas y antiestrogénicas, le confieren una serie de cualidades que permiten regular el balance hormonal en mujeres.

2.5.3 Garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una leguminosa considerada como un excelente componente de la dieta humana al aportar proteínas, fibras, almidón y compuestos bioactivos (Nikmaram et al., 2017). El Cuadro 3 presenta la composición química y nutrimental del garbanzo. Las proteínas de garbanzo exhiben una alta solubilidad y digestibilidad, y están predominantemente compuestas de globulinas (41,7 %) y albúminas (16,1 %) (Roy et al., 2010). En cuanto a las proteínas de reserva éstas son relativamente bajas en aminoácidos que contienen azufre, tales como metionina, cisteína; además contiene bajos niveles de triptófano. Sin embargo, el contenido de aminoácidos básicos como lisina y arginina es alto en comparación con los cereales. El garbanzo presenta mayor fracción lipídica que otras leguminosas. Está compuesta por los ácidos grasos palmítico, oleico, linoleico y linolénico, además, contiene compuestos antioxidantes, como tocoferoles y carotenoides. Asimismo, el garbanzo es una de las leguminosas con mayor concentración de oligosacáridos, mientras que el contenido de polisacáridos varía entre 37.5 a 50.8% del cual se encuentra en mayor proporción al almidón (50%) y en menor cantidad la fibra dietética soluble (3.7%). El almidón contiene amilosa que varía entre 30 y 40%, esto se ha asociado con la digestibilidad del almidón *in vitro*, debido a que contiene almidón de menor digestibilidad que es el almidón resistente en comparación con el almidón de los cereales (Jukanti et al., 2012). Asimismo, el garbanzo posee vitaminas hidrosolubles y liposolubles, de las cuales la riboflavina (vitamina B2) que se encuentra en pequeñas cantidades y se activa después de ser absorbida en el intestino delgado; niacina (vitamina B3) que se asocia con el contenido de proteínas; la vitamina B6 que se presenta en tres formas químicas, piridoxina, piridoxal y piridoxamina (Wood y Grusak, 2007). De igual forma, esta legumbre destaca su contenido de minerales como calcio, potasio, fósforo, azufre, hierro, y zinc. Dentro de los compuestos que desempeñan funciones metabólicas con beneficio a la salud se encuentran alcaloides, isoflavonas, compuestos fenólicos. Por lo general el garbanzo presenta una mayor cantidad de compuestos fenólicos que los

cereales (Aguilar et al., 2013). También, contienen concentraciones bajas de componentes antinutritivos como saponinas, taninos y fitatos.

Cuadro 3 Composición química del garbanzo (*Cicer arietinum*) (Moreiras et al., 2013)

Indicadores	Por 100g de porción comestible	Requerimientos mínimos diarios (mujeres)	Requerimientos mínimos diarios (hombres)
Energía (Kcal)	373	2 300	3 000
Proteína (g)	19.4	41	54
Lípidos totales (g)	5	77 – 89	100 - 117
AG saturados (g)	-	23 – 27	18 – 20
AG monoinsaturados (g)	2.08	51	67
AG poliinsaturados (g)	2.08	13	17
Colesterol (mg/1000 kcal)	-	<230	<300
Carbohidratos (g)	55	288 - 316	375 – 4130
Fibra total (g)	15	>25	>35
Agua	5.6	2 000	2 500
Calcio (mg)	145	1 000	1 000
Hierro (mg)	6.7	18	10
Magnesio (mg)	160	330	350
Zinc (mg)	0.8	15	15
Sodio (mg)	26	<2 000	<2 000
Potasio (mg)	797	3 500	3 500
Fósforo (mg)	375	700	700
Selenio (µg)	2	55	70
Tiamina (mg)	0.4	0.9	1.2
Riboflavina (mg)	0.15	1.4	1.8
Equivalentes niacina (mg)	4.3	15	20
Vitamina B6 (mg)	0.53	1.6	1.8
Folatos (µg)	180	400	400
Vitamina C (mg)	4	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol (µg)	32	800	1 000
Vitamina E (mg)	2.88	12	12

Cuadro 4 Comparación de la composición química de legumbres (Moreiras et al., 2013)

Leguminosa	Agua (g)	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Grasas (g)	Hidratos de carbono (g)	Fibra alimentaria (g)
Frijol negro	1.7	364	22.7	1.6	55.5	18.4
Garbanzo	5.5	373	19.4	5	55	15
Soja	14	406	35.9	18.6	15.8	15.7

Cuadro 5 Comparación de la composición química de legumbres (Minerales) (Moreiras et al., 2013)

Leguminosa	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Magnesio (mg)	Zinc (mg)	Sodio (mg)	Potasio (mg)	Fósforo (mg)	Selenio (mg)
Frijol negro	134	7.1	138	2.6	8	1 464	415	-
Garbanzo	145	6.7	160	0.8	26	797	375	2
Soja	240	9.7	250	4.3	5	1 730	660	4

Cuadro 6 Comparación de la composición química de legumbres (Vitaminas) (Moreiras et al., 2013)

Leguminosa	Vit B ₁ (mg)	Vit B ₂ (mg)	Eq de Niacina (mg)	Vit B ₆ (mg)	Folato (µg)	Vit C (mg)	Vit A: Eq de retinol (µg)	Vit E (mg)
Frijol negro	0.47	0.15	2.09	0.53	463	1	0	
Garbanzo	0.4	0.15	4.3	0.53	180	4	32	
Soja	0.61	0.27	7.7	0.38	370	-	2	2.9

2.6 Extrusión

El procesamiento de alimentos por extrusión es un proceso de corta duración y alta temperatura en el que los materiales se transforman fisicoquímicamente debido al estrés térmico y mecánico generado por tornillos giratorios y un barril caliente; los productos extruidos se moldean obligándolos a pasar una restricción (Offiah et al., 2019). Esta tecnología tiene usos significativos en la industria alimentaria, incluidas las empresas de botanas, pastas, cereales para el desayuno y alimentación animal. Las botanas extruidas son atractivas para los consumidores debido a su textura crujiente, estabilidad en almacenamiento y sabor (Berrios, 2006). El desarrollo de productos a base de leguminosas utilizando como herramienta de “formado” el extrusor, puede ser una opción viable para satisfacer la demanda de alimentos saludables e impulsar el mercado de leguminosas y sus botanas (Culliney, 2013).

III. Justificación

En la actualidad el consumo de botanas en América Latina es parte de la alimentación cotidiana, constituyendo un mercado de miles de consumidores. Sin embargo, ha tenido grandes repercusiones en el sector salud provocando un incremento en el porcentaje de desnutrición. Es por ello que se ve la necesidad de nuevas alternativas que incluyan no solo la satisfacción personal si no también nutricional, por lo tanto, las industrias de botanas se ven en la necesidad de reformular sus productos sin afectar sus características organolépticas con el fin de que tengan un mayor aporte nutricional. Una alternativa para implementar es el uso de leguminosas (frijol, soya y garbanzo) como materia prima, puesto que se ha comprobado el gran aporte nutricional que contiene cada una de ellas. Una adecuada combinación de ingredientes como harinas de frijol, soya y garbanzo complementaría sus perfiles nutricionales dando lugar a un producto de mejor calidad nutricional, a su vez de ser un alimento funcional. Por ello se pretende desarrollar una botana funcional de segunda generación a base de frijol, soya y garbanzo.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo General

Desarrollar una botana de segunda generación horneada tipo 'churrito' a base de harinas de frijol, soya y garbanzo con bajo contenido de grasas y alto contenido de proteínas, y con una buena aceptación sensorial.

4.2 Objetivos Específicos

1. Desarrollar una botana de segunda generación horneada a base de harinas de frijol, soya y garbanzo mediante un diseño de mezclas simple.
2. Evaluar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de las botanas de segunda generación horneadas obtenidas de las mezclas de las harinas de leguminosas.
3. Seleccionar y evaluar la composición bromatológica, nutracéutica y digestibilidad *in vitro* de proteínas de las botanas de segunda generación horneadas obtenidas de la mezcla de leguminosas con mayor aceptación sensorial.

V. Metodología

5.1 Materiales

Se emplearon granos de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine max*) y garbanzo (*Cicer arietinum*) como materia prima, obtenidos de León, Gto., Yucatán y Guanajuato respectivamente. Cada leguminosa se seleccionó y limpió para después empacar en contenedores herméticos para almacenarlas hasta su uso en un lugar limpio, seco y libre de plagas. Asimismo, entre otros ingredientes se usó cloruro de potasio de grado alimenticio.

5.2 Obtención de las harinas por cocción tradicional

5.2.1 Harina de frijol negro

La harina de frijol se obtuvo mediante la metodología reportada por Aparicio-Fernández et al. (2005) con modificaciones. Los frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) limpios y seleccionados se pusieron a cocción durante 90 minutos a 94° C. Una vez a temperatura ambiente se drenó el agua de cocción y los frijoles cocidos se sometieron a un proceso de secado en horno a 50°C durante 24 horas. Los frijoles cocidos y secos se molieron en un molino Pulvex, la harina se tamizó en una malla No. 60. La harina fue empacada en bolsas de plástico, sellada al vacío y se almacenó en refrigeración hasta su uso.

5.2.2 Harina de soya

La harina de soya se obtuvo mediante la metodología reportada por Hirigoyen et al. (2010) con modificaciones. Las semillas limpias y seleccionadas de soya se llevaron a cocción 94°C, durante 70 minutos. Se drenó el agua de cocción y se secaron a 50°C durante 24 horas. Se molieron en un molino Pulvex y se tamizaron en un tamiz de malla No. 60. La harina fue empacada en bolsas de plástico, sellada al vacío y almacenada en refrigeración hasta su uso.

5.2.3 Harina de garbanzo

La harina de garbanzo se obtuvo mediante la metodología reportada por Arab et al. (2010) con modificaciones. Las semillas limpias y seleccionadas se llevaron a cocción durante 70 minutos a 94°C. Se drenó el agua de cocción y se dejaron secar a 50°C en un horno durante 24 horas. Se molieron los granos secos en un molino Pulvex y se pasaron por un tamiz de malla No. 60. La harina fue empacada en bolsas de plástico, selladas al vacío y almacenada en refrigeración hasta su uso.

5.3 Elaboración de la botana

En la elaboración de la botana se empleó un diseño de mezclas simple con las harinas de leguminosas dando como resultado un total de 10 formulaciones generado del programa Minitab 21 según se muestran en el Cuadro 7. Posteriormente, se utilizó el método empleado por Manzo-Campos (2019) con modificaciones de acuerdo con la materia prima a emplear. Para la obtención de las botanas de segunda generación se utilizó un extrusor de acero inoxidable de tornillo simple sin fin L/D = 21 pulgadas construido por CICATA-IPN Querétaro (Patente MX/a/2007/016262).

Cuadro 7 Diseño de mezclas de harinas de leguminosas.

Numero de formulaciones	Proporciones de harinas de leguminosas		
	Garbanzo	Soya	Frijol negro
1	1	0	0
2	0.66	0.33	0
3	0.33	0.66	0
4	0	1	0
5	0.66	0	0.33
6	0.33	0.33	0.33
7	0	0.66	0.33
8	0.33	0	0.66
9	0	0.33	0.66
10	0	0	1

Para ello se procesaron las formulaciones usando una velocidad de 20 rpm, con el fin de dar forma de 'churrito' se empleó un dado con un orificio de 6mm de diámetro. En la primera y segunda zona de calentamiento se utilizaron temperaturas de 90° y 100°C respectivamente. Posteriormente, las botanas pre-cocidas se dejaron enfriar e inmediatamente fueron horneadas en un horno de gas a 180° C por 12 minutos. Obtenidas las botanas se dejaron enfriar para su posterior empaclado.

5.4 Análisis proximal de las leguminosas, harina y la botana

5.4.1 Humedad

La determinación de humedad se realizó por el método establecido por AOAC (2002) técnica 925.23. En una cápsula a peso constante se pesaron 2 ± 0.05 g de muestra, posterior se colocó en una estufa a 105° C durante 3 horas, después la cápsula se puso en un desecador hasta llegar a temperatura ambiente, y finalmente se pesó en una balanza analítica. El cálculo del porcentaje de humedad se determinó de acuerdo con la siguiente formula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(A - B) \times 100}{W}$$

$$\% \text{ Sólidos totales} = 100 - \% \text{ Humedad}$$

En donde:

A = Peso (g) de la cápsula con muestra

B = Peso (g) de la cápsula con muestra desecada

W = Peso (g) de la muestra

5.4.2 Cenizas

La determinación de cenizas se realizó por medio de la metodología descrita por AOAC (2002) técnica 945.46. En un crisol de porcelana a peso constante se pesaron 2 ± 0.05 g de muestra, después la muestra se calcinó en una mufla a 550° C durante un periodo de 24 horas, posteriormente se colocó el crisol en un desecador hasta llegar a temperatura ambiente y finalmente se pesó en una balanza analítica. El cálculo del porcentaje de cenizas se determinó de acuerdo a la siguiente

formula:

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

5.4.3 Proteína

La determinación de proteína total se realizó por medio de la metodología descrita por AOAC (2002) técnica 920.105 (Kjeldahl). En un tubo de digestión Kjeldahl se colocaron 2 ± 0.05 g de muestra, mismo al que se le agregó un catalizador de sulfato de sodio y sulfato de cobre, en conjunto se añadieron 10 ml de ácido sulfúrico concentrado. La muestra se sometió a un proceso de digestión durante un periodo de 4 horas aproximadamente, el contenido cambió de color y posterior se dejó enfriar hasta llegar a temperatura ambiente. Después, se colocó en un destilador donde se le adicionó agua destilada e hidróxido de sodio al 40%. Enseguida, en un matraz con 25 ml de ácido bórico al 4% (Indicador rojo de metilo y verde de bromocresol) se vertió el destilado y posteriormente se tituló el contenido con una solución de HCl 0.1N. El cálculo del nitrógeno total y proteína se determinó de acuerdo con la siguiente formula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = (A - B) \times C \times D \times 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ nitrógeno} \times \text{factor (6.25)}$$

A= ml de solución utilizados en la muestra problema

B= ml de solución utilizados del blanco

C= meq N_2 0.014

5.4.4 Grasa

La determinación de lípidos se realizó por medio del método AOAC (2002), técnica 920.39 grasa cruda o extracto etéreo. Se pesaron 3 ± 0.05 g de muestra seca en un cartucho para Soxhlet con un tapón de algodón. Tanto los cartuchos como los vasos para Goldfish se pusieron a peso constante previamente; en los que se añadió 100 ml de éter de petróleo. El vaso se puso en un soporte debajo del condensador y se colocó en una parrilla de calentamiento hasta su punto de ebullición. Se realizó la extracción por aproximadamente 3 horas y finalmente el vaso y el cartucho se colocaron en una estufa a 60°C durante una hora para eliminar la humedad y el

solvente. Para obtener el peso de la fracción lipídica, los vasos se pesaron y la diferencia del peso final y del vaso previo a la extracción se registró con el fin de obtener el porcentaje de grasa. El cálculo del porcentaje de lípidos se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Extracto etéreo} = \frac{B - A}{P.M.} \times 100$$

B= Peso (g) del vaso con grasa

A= Peso (g) del vaso puesto a peso constante

P.M.= Peso (g) de la muestra

5.5 Fibra dietética

La extracción de fibra insoluble se realizó por medio del método AOAC, técnica 991.43. Brevemente, por cada gramo de muestra se adicionó 50 ml de una solución amortiguadora de fosfato 0.08 mM a pH 6.0, e inmediatamente se agregó 0.1 ml de α -amilasa. Para evitar la evaporación y el contacto con la luz, el matraz fue cubierto con papel aluminio, posterior se incubó a baño María a ebullición (94° C) durante 30 minutos y agitando vigorosamente cada 5 min. El matraz con el contenido se dejó enfriar, se ajustó el pH a 7.5 con NaOH 0.275 N y se adicionó 0.1 ml de proteasa (5 mg/ml), se mezcló la solución y se incubó a baño María a 60±1° C durante 30 min, agitando continuamente cada 5 min. En seguida, el contenido se dejó enfriar, se ajustó el pH a 4.0-4.6 con HCl 0.375 N y se adicionaron 300 μ l de amiloglucosidasa, se mezcló la solución y nuevamente se incubó a baño María a a 60±1° C durante 30 min, agitando continuamente cada 5 min. A continuación, se dejó enfriar el matraz, se filtró el contenido con papel Whatman No. 4 y se realizaron dos lavados de 10ml con etanol al 95%, el filtro se dejó secar a 100° C por una hora para finalmente pesarlo. El cálculo del porcentaje de fibra insoluble se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fibra insoluble} = \frac{(\text{Peso filtro final}) - (\text{Peso filtro inicial})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

La extracción de fibra soluble se realizó por medio del método AOAC, técnica

991.43. Indicando que, el contenido restante del filtrado del análisis de fibra insoluble, se calentó a 60° C y adicionaron 3 volúmenes de etanol al 95%, dejando precipitar a temperatura ambiente durante 24 horas aproximadamente. Posteriormente, se filtró el contenido en papel Whatman No. 42 y se realizaron dos lavados de 10 ml con etanol al 78% y otros dos lavados de 10 ml con acetona pura. El filtro se dejó secar por una hora a 100 ° C y después se registró el peso. El cálculo del porcentaje de fibra soluble se determinó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Fibra soluble} = \frac{(\text{Peso filtro} + \text{muestra}) - \text{Peso filtro}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

5.6 Carbohidratos de las leguminosas, harina y la botana

El porcentaje de carbohidratos se calculó por diferencia, al 100% se restó el contenido de humedad, cenizas, proteínas y lípidos. Esta diferencia correspondió a los carbohidratos totales de la muestra. Según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Carbohidratos totales} = 100 - (\text{humedad} + \text{cenizas} + \text{proteínas} + \text{lípidos})$$

5.7 Caracterización física de las botanas de segunda generación obtenidas de las mezclas de las leguminosas

5.7.1 Textura

Se hizo una prueba de corte (CTT) utilizando un analizador de textura TA-HD (Stable Micro Systems XT-RA) con una celda de carga de 10 kg y una velocidad de cruceta de 1,67 mm/s. En la prueba se utilizó una hoja de cuchillo con punta de cincel a 45 °C, la muestra de la botana en forma de 'churrito' se colocó sobre soporte y se aplicó fuerza al centro de la botana hasta que se generó la fractura (Ramírez et al., 2018).

5.7.2 Color

La determinación del color se llevó a cabo mediante un colorímetro Konicka Minolta modelo CR-400. La lectura se reportó en el espacio de colores L, a* y b* (Ramírez et al., 2018).

5.8 Evaluación sensorial

Una vez seleccionadas las mejores formulaciones de acuerdo con las características de textura y de color, se llevó a cabo una prueba sensorial afectiva de aceptabilidad. Antes de realizar el análisis sensorial se verificó que las muestras cumplen con la norma de inocuidad establecidas en la NOM-210-SSA1-2014. Es importante mencionar que previamente fue aprobada por el comité de bioética de la UAQ con número de oficio CBQ22/032.

Para llevar a cabo la prueba, participaron jueces no entrenados entre 18-40 años, residentes de la ciudad de Querétaro; se buscó tener un diseño balanceado entre ambos sexos. Se reclutaron 100 panelistas (Meilgaard, 2016) por invitación abierta, previo al análisis se les proporcionó un informe de consentimiento informado (Anexo A), en donde se informó del objetivo del análisis, así mismo, de la composición del producto. La participación fue completamente voluntaria por cada panelista después de leer y firmar el consentimiento informado para participar, además de no presentar ningún tipo de alergia o intolerancia de alguno de los componentes de la formulación del producto.

Cada participante evaluó las cuatro muestras de botanas elaboradas a partir de frijol, soya y garbanzo. Estas muestras fueron previamente codificadas con números aleatorios de tres dígitos y fueron presentadas a cada panelista de forma aleatoria y balanceada con el fin de evitar sesgo posicional (Meilgaard, 2016). Se evaluaron 5 gramos de la botana y, entre cada muestra los participantes se enjuagaron el paladar con agua y galletas neutras. El formato de evaluación que se usó se muestra en el Anexo B. Se realizó a través de una escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”. Finalmente se analizaron cada una de las respuestas de los evaluadores mediante una base de datos en Excel, que fue analizada por Chi cuadrada.



Figura 7 Evaluación sensorial de botanas de frijol, soya y garbanzo

5.9 Caracterización nutracéutica de las leguminosas, harina y la botana

La botana que tuvo mayor aceptación sensorial, así como las harinas y materia prima usada para obtener las botanas, fueron sometida a la caracterización nutracéutica.

5.9.1 Fenoles totales

El contenido total de fenoles (libres y ligados) en los extractos se determinó según el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu reportado por Singleton et al. (1999). En un microtubo se adicionaron 50 μ l de extracto metanólico, 250 μ l de agua destilada y 125 μ l de reactivo Folin-Ciocalteu, para mezclar se agitó en un vortex por 5 min, posterior se añadieron 625 μ L de una solución de Na_2CO_3 al 7% y se incubó en la oscuridad por 2 h. Para el blanco se siguieron los pasos anteriores, únicamente cambiando el contenido del extracto por metanol. La absorbancia se leyó a una longitud de onda de 760 nm en un lector de microplacas. Los resultados se

expresaron como mg de equivalentes de ácido gálico/g de muestra (mg EAG/g) mediante una curva de calibración de ácido gálico.

5.9.2 Flavonoides totales

La cuantificación de flavonoides se determinó por medio de la metodología de Oomah et al. (2005). Se vertieron 50 μ L del extracto metanólico con 180 μ L de agua destilada y 20 μ L de la solución de 2-aminoetil-difenilborato al 1%. La absorbancia se leyó a una longitud de onda de 404 nm en un lector de microplacas. Se calculó la concentración con una curva estándar de rutina y el contenido de flavonoides se expresa como mg equivalentes de rutina por gramo de muestra.

5.9.3 Taninos condensados

La cuantificación de taninos condensados se determinó por medio del método de la vainillina (Deshpande, y Cheyran, 1987). Se colocaron 50 μ L del extracto metanólico y 200 μ L de una solución 1:1, HCl 8%: Vainillina 1%. Los 200 μ L se agregaron de 50 en 50 μ L hasta llegar a los 200 μ L. Para el blanco se siguieron los pasos anteriores, únicamente cambiando el contenido del extracto por metanol. La absorbancia se leyó a una longitud de onda de 492 nm en un lector de microplacas. Se calculó la concentración con una curva estándar de catequina y el contenido de taninos se expresa como mg equivalentes de catequina por gramo de muestra.

5.9.4 Capacidad antioxidante por ABTS

La determinación de actividad antirradical se realizó por el método ABTS 2,2-azinobis-3- etilbenzotiazolina-6-sulfónico descrito por Nenadis et al, 2004. Inicialmente, se preparó una solución ABTS donde se pesó 0.01920g de ABTS y se aforó con 5 ml de agua destilada. Posterior, para la activación del radical se mezcló la solución de ABTS con 88 μ L de $K_2S_2O_8$ (persulfato de potasio) y se dejó en oscuridad por 12 h a temperatura ambiente. Después, se realizó una dilución de la solución anterior, tomando 500 μ L de la solución y 20-25 mL de etanol y la absorbancia se leyó a una longitud de onda de 724 nm en un lector de microplacas.

El porcentaje de inhibición se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación (Chávez et al., 2017).

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

Los valores de las muestras se determinaron a través de la curva de calibración y los resultados de capacidad antioxidante se expresaron como μmol equivalentes de Trolox / g de muestra.

5.11 Digestibilidad *in vitro* de la proteína de la botana

Se empleó el método *in vitro* descrito por Hsu et al., (1977) implementando un sistema multienzimático de tripsina, quimotripsina y peptidasa. Las muestras seleccionadas se tamizaron en una malla número 80. Se prepararon 50 ml de suspensión acuosa de proteína (6.25 mg de proteína/ml) de las muestras en agua destilada y se ajustó a pH 8.0 con HCl y/o NaOH (0.1 N) y se agitaron en un baño de agua a 37°C. La solución multienzimática (1.6 mg de tripsina, 3.1 mg de quimotripsina y 1.3 mg de peptidasa/ml) se mantuvo en un baño de hielo y se ajustó a pH 8.0 con HCl y/o NaOH (0.1 N). A continuación, se añadieron 5 mL de la solución multienzimática a la suspensión de proteínas que se estaba agitando a 37°C. Se registró el pH durante un período de 10 minutos usando un potenciómetro.

El porcentaje de digestibilidad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$y = 210.464 - 18.3x$$

Donde x es el pH registrado a los 10 minutos.

5.12 Diseño experimental y análisis estadístico

Se llevó a cabo un diseño de mezclas. Los datos obtenidos a partir de los resultados se expresaron como la media \pm la desviación estándar. Para los datos paramétricos se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) seguido de una prueba de comparación de medias Tukey utilizando el programa estadístico Minitab 16. Para los datos del análisis sensorial se hizo un análisis no paramétrico de Chi-cuadrado ($p \leq 0.05$).

VI. Resultados y discusión

6.1 Análisis proximales de las leguminosas crudas y harinas

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis proximal de leguminosas crudas de frijol, soya y garbanzo, además de harinas obtenidas por cocción tradicional de frijol, soya y garbanzo.

Cuadro 8 Composición química de leguminosas crudas y sus harinas

Muestra	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
FC	8.29±0.08 ^a	20.24 ±0.00 ^c	1.23±0.29 ^c	4.72±0.13 ^b	73.81 ^d
SC	6.35±0.21 ^b	35.13±0.48 ^b	11.80±1.04 ^a	5.59±0.05 ^a	47.48 ^e
GC	8.03±0.09 ^a	15.80±0.26 ^d	10.38±0.34 ^a	3.57±0.04 ^d	70.25 ^a
HFCT	5.53±0.27 ^c	20.95±0.26 ^c	1.68±0.09 ^c	3.16±0.03 ^e	74.21 ^b
HSCT	4.74±0.31 ^d	38.56±0.00 ^a	12.15±0.02 ^a	4.19±0.03 ^c	45.10 ^f
HGCT	6.29±0.24 ^b	16.63±0.26 ^d	7.14±0.01 ^b	2.31±0.03 ^f	73.92 ^c

FC: Frijol crudo; SC: Soya cruda; GC: Garbanzo crudo; HFCT: Harina de frijol cocido; HSCT: Harina de soya cocida; HGCT: Harina de garbanzo cocido. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Tukey.

De acuerdo con los valores obtenidos (Cuadro 8) el porcentaje de humedad fue menor en las harinas de frijol, garbanzo y soya (5.53±0.27, 6.29±0.24, y 4.74±0.31% respectivamente) respecto a las leguminosas crudas (8.29±0.08, 6.35±0.21 y 8.03±0.09% respectivamente). De Almeida et al. (2006) reportan para frijol y garbanzo crudo valores de 9.93±0.42 y 7.79±0.85% respectivamente, estos valores son mayores a los porcentajes obtenidos en el presente trabajo; en tanto que para soya cruda Gupta et al. (2013) reportan 6.9±0.04% valor superior a lo obtenido. Con respecto a las harinas Sánchez et al. (2014) reportaron 7.0±0.1% para frijol, mientras que Menchu y Méndez (2012) reportan un 2.7% para soya, por último, Alajaji y El-Adawy (2006) obtuvieron 10.55±0.29% para garbanzo. Los resultados presentaron diferencias con respecto a lo reportado debido al tiempo, la temperatura, el tipo de secado que se empleó, así como al tipo de procesamiento aplicado a cada leguminosa e incluso a las condiciones ambientales y de

almacenamiento. Asimismo, los valores más altos de humedad los presentan el frijol y el garbanzo en crudo (8.29 ± 0.08 , 8.03 ± 0.09), seguido de la soya cruda y la harina de garbanzo (6.29 ± 0.24 , 6.35 ± 0.21); finalmente la harina de frijol (5.53 ± 0.27) y la harina de soya (4.74 ± 0.31).

El frijol, soya y garbanzo son leguminosas que se caracterizan por presentar un elevado contenido de proteína tanto crudas como cocidas y molidas (harinas), tal como se demostró en la presente investigación a pesar de a que se obtuvieron valores por debajo de lo reportado para harina de frijol, garbanzo crudo y harina de garbanzo, éstos siguen presentando un porcentaje significativo de proteínas de acuerdo a lo reportado.

No se observaron diferencias significativas en el contenido proteico de frijol negro crudo ($20.24\pm 0.00\%$) y su harina ($20.95\pm 0.26\%$). De Almeida et al. (2006) reportaron un porcentaje de 20.9% para frijol negro crudo. Mientras que Comai et al. (2011) reportaron que la harina de frijol puede contener de un 25 a 30%, porcentaje que se encuentra por arriba de lo obtenido en esta investigación. Podría deberse a la variedad empleada y a las condiciones donde fue cultivada.

El contenido de proteína en la soya cruda fue de $35.13\pm 0.48\%$ similar a lo reportado con Moreiras et al. (2013) (35.9%) pero menor a lo reportado por Etiosa et al. (2017) y por Medic et al. (2014) con un 37.69% y 40.5% respectivamente. Por su parte, la harina de soya presentó $38.56\pm 0.00\%$, el cual se encuentra entre el rango de 35 a 40%, reportado por Comai et al. (2011).

Aguilar et al. (2013) indican que el contenido de proteína del garbanzo crudo varía de acuerdo a la presencia o ausencia de cáscara (testa), se han reportado rangos del 18.5 al 22.7% considerando la masa total de la leguminosa. De Almeida et al. (2006), reportan que en caso de encontrarse la leguminosa sin testa tiende a ser mayor el contenido (25.3 al 28.9%), no obstante, el resultado obtenido en esta investigación está por debajo ($15.8\pm 0.26\%$) de ambos casos. Respecto a la harina

de garbanzo, a pesar de que se obtuvo con la testa el porcentaje obtenido fue menor ($16.63\pm 0.26\%$) a lo que reportan Dandachy et al. (2019).

Como se puede observar el porcentaje de proteínas en harinas de soya y garbanzo fue mayor significativamente con respecto las leguminosas crudas, lo cual se atribuye a que el tratamiento térmico aplicado reduce considerablemente otros compuestos solubles, lo que conlleva a una mayor concentración de otros compuestos como las proteínas (Domene y Oliveira, 1993).

Comparado todas las materias primas analizadas, se puede observar que los valores más altos respecto al contenido de proteína los presenta la harina de soya y la soya cruda (38.56 ± 0.00 y 35.13 ± 0.48), seguido de la harina de frijol y el frijol crudo (20.95 ± 0.26 y 20.24 ± 0.00) y, por último, la harina de garbanzo y el garbanzo crudo (16.63 ± 0.26 y 15.80 ± 0.26). Este contenido de proteínas en leguminosas y sus productos derivados (harinas) es mayor comparado con cereales. Además, pese a que carecen de aminoácidos azufrados, los subproductos obtenidos de leguminosas se pueden enriquecer con harinas de cereales con el fin de obtener un producto con mayor calidad nutricional.

El contenido lipídico del frijol negro crudo fue de $1.23\pm 0.29\%$ y $1.68\pm 0.09\%$ para su harina. La literatura reporta rangos de 1.1 a 2.7% para frijol crudo (Los et al., 2018) y un 0.9 a 1.8% para su harina (Sánchez et al., 2014) valores similares a los que se obtuvieron en la presente investigación.

La soya presentó un valor de $11.8\pm 1.04\%$, menor a lo reportado por Mateos et al., 2008 (18 a 22%). Las diferencias se pueden deber a que la soya que se analizó es comercializada como soya baja en grasa. Con lo que respecta a su harina presenta $12.15\pm 0.02\%$, valor superior a lo reportado por Menchú y Méndez (2012) con un 6.7% para una harina de soya baja en grasa.

El garbanzo crudo por lo general contiene de 2.9 a 7.4% de lípidos (Aguilar y Vélez, 2013), sin embargo, se obtuvo un valor de $10.38\pm 0.34\%$ para garbanzo crudo. Lo

anterior se debe a que el garbanzo es una variedad alta en grasas sembrada agroecológicamente. A diferencia de las otras harinas leguminosas el contenido lipídico en harina de garbanzo fue menor considerablemente en comparación con la semilla cruda debido a que posiblemente hubo una lixiviación de los lípidos en el agua de cocción (Mittal et al., 2012).

El mayor contenido de lípidos lo presentaron la harina de soya, la soya cruda y garbanzo en crudo (12.15 ± 0.02 , 11.80 ± 1.04 y 10.38 ± 0.34 %), siendo que la soya se caracteriza por tener un alto porcentaje en lípidos por arriba del 20%. Sin embargo, aun cuando es bajo el contenido de lípidos, sigue siendo la materia prima con mayor proporción de lípidos. Por su parte, la variedad de garbanzo presentó una proporción de lípidos mayor al rango que normalmente se reporta. En seguida, la harina de garbanzo es la segunda que tiene mayor contenido de lípidos (7.14 ± 0.01 %). Mientras que, la harina de frijol y el frijol crudo son las materias primas con menor contenido de lípidos (1.68 ± 0.09 y 1.23 ± 0.29 %), siendo esta característica común en esta variedad (Paredes et al., 2006).

Al igual que las proteínas el contenido de minerales destaca en las leguminosas. Diferencias entre los porcentajes obtenidos y los reportados en la literatura se pueden deber a las características del suelo donde se cultivaron las leguminosas y la variedad de cada una. Además, el bajo contenido de minerales en harinas con respecto a la leguminosa cruda se puede atribuir a la pérdida y difusión de minerales solubles en el agua de cocción durante el tratamiento térmico (García et al., 2019).

El contenido de cenizas para frijol crudo fue de 4.72 ± 0.13 %, similar con lo reportado por Campos-Vega et al. (2009).

Etiosa et al. (2017) informaron en la soya cruda contiene un 4.29% de cenizas siendo un valor menor a lo que se obtuvo (5.59 ± 0.05 %). Menchú y Méndez (2007) reportan un 6.09% de cenizas para harina de soya baja en grasa, valor que está por arriba del obtenido 4.19 ± 0.03 %.

Por otro lado, Wang et al. (2010) reportan que el garbanzo crudo presenta un 3.28% de cenizas, similar a lo obtenido ($3.57 \pm 0.04\%$). Por su parte, la harina de garbanzo presentó un $2.31 \pm 0.03\%$ de cenizas, similar (2.7%) con lo reportado en la literatura (Osorio et al. 2008).

El mayor contenido de cenizas lo presenta la soya cruda, seguido del frijol crudo y la harina de soya (5.59 ± 0.05 , 4.72 ± 0.13 y 4.19 ± 0.03 %). Mientras que el garbanzo crudo, la harina de frijol y finalmente la harina de garbanzo (3.57 ± 0.04 , 3.16 ± 0.03 y 2.31 ± 0.03).

El contenido total de carbohidratos presentes en las tres leguminosas crudas es alto, representando más del 50% de la composición de las mismas; mientras que en las harinas su proporción aumentó entre un 0.4% hasta un 3.67% para harina de frijol y garbanzo debido al proceso térmico.

La proporción de carbohidratos reportada para frijol crudo por Fernández y Sánchez (2017) está por debajo de lo obtenido (39.21%). Para harina de frijol se obtuvo un valor de 74.21% en el contenido de carbohidratos, dato que supera a lo reportado por Sánchez et al. (2014) con 61.9%.

Dixit et al. (2011) informaron que aproximadamente el 35% de la soya se constituye de carbohidratos, mientras que Menchú y Méndez (2012) indican que la harina de soya baja en grasa contiene un 37.98% de carbohidratos. No obstante, se obtuvieron valores superiores de acuerdo a la literatura (47.48 y 45.10% respectivamente), esto podría deberse a que el contenido de lípidos fue menor a lo que se reporta en la literatura, además de la variedad adquirida para la presente investigación.

El garbanzo tiene un 66.3% de carbohidratos de acuerdo a lo reportado por Aguilar et al. (2013), valor inferior a lo obtenido (70.25%). Asimismo, en harina de soya se

obtuvo un 73.9%, valor superior a lo reportado en la literatura (Dandachy et al., 2019).

La mayor cantidad de carbohidratos lo presenta la harina de frijol, seguido de la harina de garbanzo, frijol y garbanzo crudo (74.21, 73.92, 73.81 y 70.25 %). La menor proporción de carbohidratos la presentan la soya cruda y la harina de la misma (47.48 y 45.10 %), siendo que estos materiales presentan mayor proporción de otros compuestos como proteínas y lípidos.

6.2 Fibra dietética total de las leguminosas crudas y harinas

En el Cuadro 9 se presentan los resultados del contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble de leguminosas crudas de frijol, soya y garbanzo, además de harinas obtenidas por cocción tradicional de frijol, soya y garbanzo.

Cuadro 9 Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble en leguminosas crudas y sus harinas

Muestra	Fibra total (%)	Fibra Soluble (%)	Fibra Insoluble (%)
FC	29.53±0.11 ^a	1.76±0.48 ^b	27.77±0.37 ^a
SC	28.10±0.63 ^a	1.25±0.17 ^{cd}	26.85±0.45 ^a
GC	21.61±1.05 ^{ab}	0.82±0.07 ^d	20.79±0.97 ^{ab}
HFCT	28.66±0.09 ^a	5.01±0.03 ^a	23.66±0.06 ^{ab}
HSCT	25.80±0.95 ^{ab}	4.32±0.22 ^a	21.49±0.72 ^{ab}
HGCT	15.34±0.60 ^b	2.89±0.93 ^b	12.46±0.65 ^b

FC: Frijol crudo; SC: Soya cruda; GC: Garbanzo crudo; HFCT: Harina de frijol cocido; HSCT: Harina de soya cocida; HGCT: Harina de garbanzo cocido. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Tukey.

El porcentaje de fibra dietética total no presentó diferencias entre cada materia prima, a excepción de la harina de garbanzo que disminuyó significativamente con respecto a las otras harinas y semillas crudas. Se ha informado que el cambio en la fracción de fibra total y sus componentes se puede deber a que existe una reducción en el peso molecular de las sustancias solubles unidas a polisacáridos al ser

procesadas en exceso de agua, en el cual se solubilizan algunos compuestos ligados a la fracción insoluble como los azúcares simples por la degradación de los polisacáridos y la celulosa (Singh et al, 2007).

El contenido de fibra dietética total (FDT) en frijol crudo fue de $29.52 \pm 0.77\%$ siendo $1.76 \pm 0.48\%$ de fibra soluble y un $27.77 \pm 0.37\%$ de fibra insoluble, por otro lado, Campos-Vega et al. (2009) reportan un total de 37.7% del cual un 1.6% es de fibra soluble y 36.1% es para fibra insoluble, similares a los valores obtenidos. En harina de frijol se obtuvo $28.66 \pm 0.09\%$, valor similar a lo que informó Silva et al. (2010) (31.24%). Al igual, las fracciones correspondientes a fibra soluble (5.65%) y fibra insoluble (25.59%) reportadas por los mismos autores, presentan similitudes con lo que se obtuvo en la presente investigación.

La soya cruda presentó un contenido de FDT de $28.10 \pm 0.63\%$ siendo un valor más alto con lo reportado por Medic et al. (2014) con un 24.4% . Asimismo, Mateos et al. (2008) informaron para fibra soluble un valor de 7.0% y para fibra insoluble un 10.0% , en el presente trabajo se obtuvo un porcentaje mayor con un 1.25 y 26.85% respectivamente. El contenido de FDT para harina de soya fue de $25.80 \pm 0.95\%$, dato por encima de 3.2% reportado en la literatura (Afifah et al., 2022).

El contenido de FDT para garbanzo fue de $21.61 \pm 1.05\%$ y para harina de garbanzo se obtuvo un $15.34 \pm 0.60\%$, que de acuerdo a los valores reportados en la literatura de 14.7 y 15.75% respectivamente (Dandachy et al., 2019), solo la harina de garbanzo es semejante. De Almeida et al. (2006) reportaron que el garbanzo crudo presenta un 13.9% de fibra insoluble y un 0.5% para fibra soluble, valores por debajo de lo obtenido. En harina de garbanzo se reportan valores en fibra insoluble y soluble de 30.8 y 6.34% respectivamente (Wang et al., 2010), valores superiores obtenidos en la presente investigación.

En leguminosas el contenido de fibra insoluble representa la mayor proporción del total de fibra dietética, por lo tanto, el porcentaje que representa la fibra soluble es

entre un 0.5 al 8% (Bednar et al., 2001), valores que pueden variar de acuerdo al proceso al que se somerten. Procesos térmicos como la cocción puede inducir interacciones que pueden aumentar el contenido de polisacáridos no amiláceos, inclusive modificar el contenido de almidón resistente (Alfonzo, 2000; Tovar y Melito, 1996).

El contenido de FDT en cantidades elevadas en los alimentos es importante debido a que puede provocar un aumento de la viscosidad luminal y la absorción, provocando a su vez un retraso la absorción de nutrientes en el intestino delgado, brindando su vez una mayor saciedad, factores importantes a considerar para el desarrollo de una futura botana (Vilcanqui y Vilchez, 2017)

6.3 Caracterización nutracéutica de las leguminosas crudas y harinas

En el Cuadro 10 se presentan los resultados de compuestos fenólicos de leguminosas crudas de frijol, soya y garbanzo, además de harinas obtenidas por cocción tradicional de frijol, soya y garbanzo.

Cuadro 10 Compuestos fenólicos de las leguminosas crudas y sus harinas

Muestra	Fenoles totales (mg EAG/g)	Flavonoides totales (mg ER/g)	Taninos condensados (mg ECAT/g)
FC	5558.33±29.46 ^a	2356.11±61.87 ^a	26.08±0.05 ^a
SC	1964.58±14.73 ^b	1696.38±52.75 ^b	ND
GC	1620±29.46 ^c	828.33±64.81 ^c	16.22±0.01 ^c
HFCT	1558.88±41.73 ^c	314.44±33.42 ^d	18.54±0.03 ^b
HSCT	1338.05±40.03 ^d	393.61±72.80 ^d	ND
HGCT	1042.22±31.27 ^e	471.38±36.40 ^d	8.72±0.03 ^d

FC: Frijol crudo; SC: Soya cruda; GC: Garbanzo crudo; HFCT: Harina de frijol por cocción tradicional; HSCT: Harina de soya por cocción tradicional; HGCT: Harina de garbanzo por cocción tradicional. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Tukey.

Los compuestos fenólicos comprenden una fuente importante en las leguminosas al igual que otros compuestos como las proteínas, carbohidratos, fibra dietética, entre

otros. Estos participan en múltiples procesos fisiológicos y metabólicos en el cuerpo humano, dando pie a su consumo indispensable en la dieta. Además, se ha atribuido que los compuestos fenólicos definen gran parte del aroma, sabor y color de los alimentos, incluyendo las leguminosas (Singh et al., 2017).

La concentración de fenoles totales en leguminosas crudas fue significativamente mayor con respecto a las harinas. El frijol crudo presentó mayor concentración de fenoles (5558.33 ± 29.46 mg EAG/g) y en menor medida la harina de garbanzo (1042.22 ± 31.27 mg EAG/g).

El contenido de flavonoides disminuyó significativamente en harinas con respecto a las semillas crudas. La literatura reporta rangos de 4000 a 10 000 mg ER/g para frijol crudo, que coincide con los datos obtenidos en la presente investigación. Sin embargo, se informó en garbanzo 1360 mg ER/g, concentración por arriba de lo obtenido (Oomah et al., 2005; Niño et al., 2017).

De acuerdo a la literatura, la harina de frijol se reporta un 1200 mg ER/g (Cullear, 2014) que es superior a lo obtenido; sin embargo, en la harina de soya se informa un valor de 520 a 590 mg ER/g (Yusnawan, 2018) y en la harina de garbanzo un valor de 270 a 480 mg eq. de rutina/g de muestra (Segev et al., 2010), datos por similares a lo obtenido en el trabajo.

Los valores de taninos condensados en frijol se han reportado rangos de 9.6 a 131.4 mg ECAT/g (Maldonado et al., 2002), 29.3 mg ECAT/g para soya (El-Shemy et al., 2000) y 13.28 mg ECAT/g para garbanzo (Niño et al., 2017), valores que son semejantes a lo obtenido, a excepción de la soya debido a que el método por el cual se determinó no permitió su cuantificación.

Por otra parte, la concentración de taninos condensados en las harinas fue significativamente menor con respecto a las leguminosas crudas. En la literatura se informan datos de 9.56 mg ECAT/g en harina de frijol (Cullear, 2014), 3.9 mg

ECAT/g en harina de garbanzo (Mittal et al., 2012) 0.3 mg ECAT/g para harina de soya (Agume et al., 2017), que son menores a lo obtenido en la presente investigación.

El descenso de los compuestos fenólicos se puede deber a una susceptibilidad a la exposición de altas temperaturas, además otros posibles factores como el tiempo y la cantidad de agua para el proceso de cocción también influyen en su concentración, así como la variedad y las condiciones de cultivo. Por lo tanto, el empleo de temperatura durante periodos de tiempos largos favorece su oxidación. Asimismo, puede ocurrir una lixiviación de estos compuestos en el agua de cocción. (Murador et al., 2017)

En el Cuadro 11 se presentan los resultados de capacidad antioxidante de leguminosas crudas de frijol, soya y garbanzo, además de harinas obtenidas por cocción tradicional de frijol, soya y garbanzo.

Cuadro 11 Capacidad antioxidante de las leguminosas crudas y sus harinas

Muestra	ABTS (mMETrolox/g)	FRAP (mMoIETrolox/g)
FC	14.37±0.43 ^a	32.17±0.50 ^a
SC	12.64±0.48 ^b	13.63±0.49 ^b
GC	14.71±0.33 ^a	11.82±0.24 ^b
HFCT	4.13±0.52 ^{cd}	12.90±0.12 ^b
HSCT	7.76±0.54 ^c	10.35±0.08 ^c
HGCT	1.57±0.32 ^e	10.12±0.18 ^c

FC: Frijol crudo; SC: Soya cruda; GC: Garbanzo crudo; HFCT: Harina de frijol por cocción tradicional; HSCT: Harina de soya por cocción tradicional; HGCT: Harina de garbanzo por cocción tradicional. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas (p<0.05) usando Tukey.

La capacidad antioxidante tanto de harinas como leguminosas crudas presentaron un comportamiento similar a la concentración de los compuestos fenólicos, el procesamiento de las leguminosas por cocción tradicional para la obtención de

harinas influyó directamente en la disminución de su capacidad antioxidante, dado que se presentó un cambio estructural en el tejido vegetal de las leguminosas ocasionando una difusión en el agua de cocción de sus compuestos fenólicos y por lo tanto reducen la capacidad antioxidante (Giusti et al., 2019).

6.4 Elaboración de la botana

Las botanas tipo “churrito” fueron elaboradas de un 70% de harinas de frijol, soya y garbanzo, y el 30% de otros ingredientes que ayudaron a mejorar la consistencia, olor y sobre todo el sabor del producto. Las proporciones de las harinas de leguminosas (70%) se obtuvieron por el diseño de mezclas que se representa en el Cuadro 7. Las formulaciones consistieron en mezclar las proporciones de las harinas con otros ingredientes y agua, dejando homogenizar durante un periodo de 8 horas. Esta mezcla fue procesada en el extrusor de tornillo simple con el objetivo principal de dar forma y pre cocer la botana. Seguidamente las botanas formadas y pre cocidas se hornearon para terminar de cocer y dar textura. Por último, se dejaron enfriar y se empacaron (Figura 8).

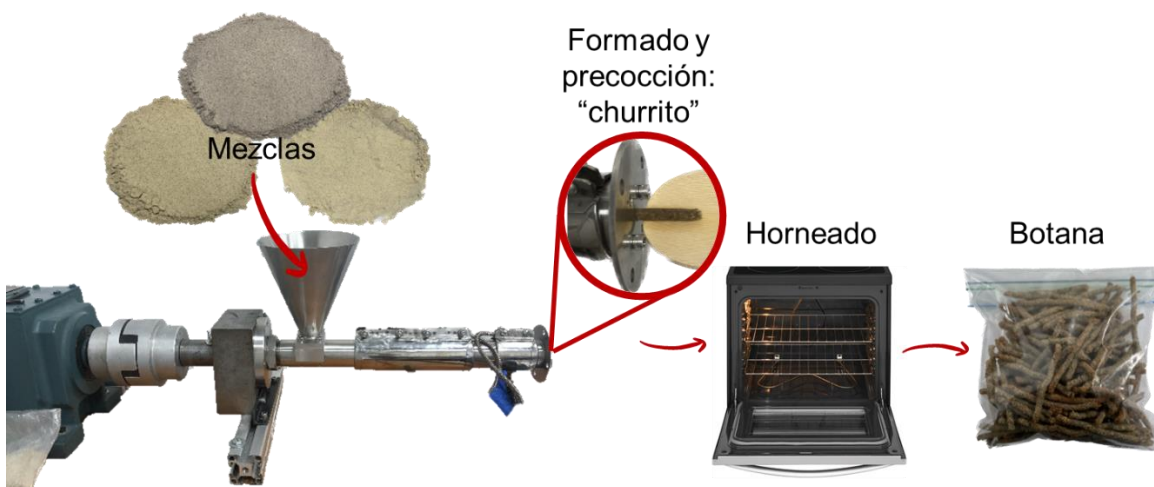


Figura 8 Elaboración de botana a base de frijol, soya y garbanzo.

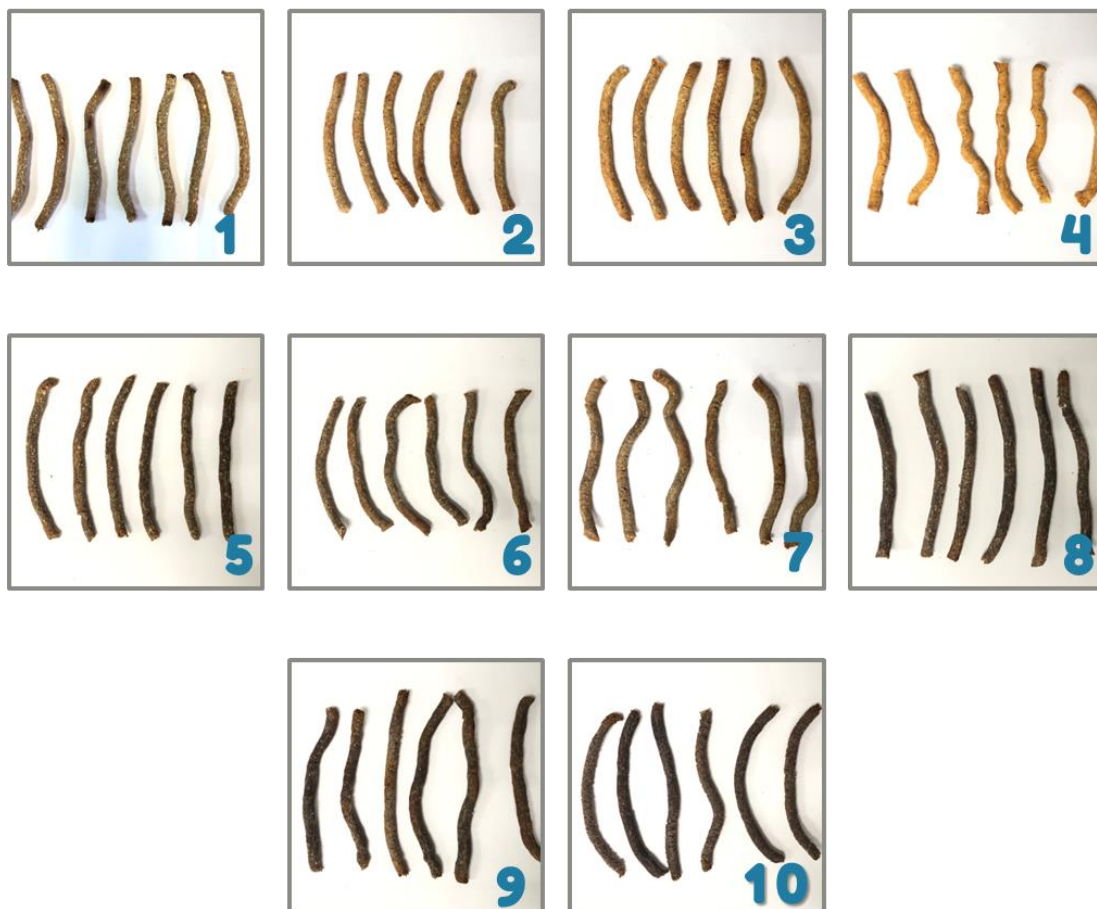


Figura 9 Botanas de frijol, soya y garbanzo.

6.5 Caracterización física de las botanas

6.5.1 Textura

La textura es una propiedad en las botanas influyen directamente en la elección de compra del consumidor, dentro de las más importantes y características en este tipo de productos se encuentra la dureza. La dureza se puede definir como la fuerza aplicada por los molares para comprimir un alimento (Paula y Conti-Silva, 2014). En el Cuadro 12 se presentan los resultados de la dureza (fuerza máxima) de las formulaciones obtenidas del diseño de mezclas de las harinas de leguminosas. Del mismo modo, se determinó la dureza de una botana comercial para tomar como control (Churritos “Kalipai” horneados a base de amaranto), esta se eligió de acuerdo

al tipo de procesamiento debido a que no se encontró un producto con ingredientes similares.

Cuadro 12 Dureza máxima y humedad de las formulaciones obtenidas del diseño de mezclas de harinas de leguminosas

Formulación	Contenido (%)			Dureza (kg-F)	Humedad (%)
	Garbanzo	Soya	Frijol negro		
1	1	0	0	2.73±0.51 ^a	4.78±0.02 ^{abc}
2	0.66	0.33	0	2.15±0.50 ^b	4.46±0.04 ^{bc}
3	0.33	0.66	0	1.67±0.33 ^{cA}	5.16±0.05 ^{ab}
4	0	1	0	1.62±0.03 ^{cA}	5.80±0.02 ^a
5	0.66	0	0.33	2.39±0.25 ^{ab}	5.81±0.01 ^a
6	33	33	0.33	1.64±0.36 ^{cA}	5.51±0.02 ^{ab}
7	0	66	0.33	1.76±0.47 ^{cA}	4.49±0.07 ^{bc}
8	0.33	0	0.66	1.83±0.43 ^{cA}	5.29±0.01 ^{ab}
9	0	0.33	0.66	2.63±0.06 ^a	3.11±0.02 ^d
10	0	0	1	2.24±0.19 ^{ab}	3.70±0.07 ^{cd}
Control	-	-	-	1.56±0.07 ^A	7.31±0.18 ^A

Los resultados representan la media de diez réplicas \pm desviación estándar. Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Tukey. Diferentes letras mayúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Dunnett.

Las formulaciones con mayor dureza comprenden desde 2.73±0.51, 2.63±0.06, 2.39±0.25, 2.24±0.19 y 2.15±0.50 (formulación 1, 9, 5, 10 y 2 respectivamente), siendo valores superiores a lo obtenido en la botana comercial (1.56±0.07 kg-F). Se observa que en las botanas con mayor proporción de garbanzo y frijol tienen efecto significativo en la dureza. Lo anterior se puede deber al contenido presente de fibra en las harinas y el efecto de la temperatura sobre el almidón durante la extrusión, los cambios estructurales en los gránulos de almidón influyen en la consistencia del producto (Sandoval et al., 2007). Asimismo, una mayor dureza se asocia con un alto contenido de proteínas, debido a las posibles interacciones de proteína-almidón que se forman durante el proceso de extrusión, que a su vez se forman pequeñas burbujas de aire en el producto final (Onwulata et al., 2001). A diferencia de la soya, que, a mayor proporción se ve un decremento de la dureza, lo que podría deberse

al contenido lipídico y carencia de almidón.

Estos valores también coinciden y se ven relacionados directamente con el contenido de humedad, se observa que, a menor porcentaje de humedad, las botanas son más duras. Esto debido a los procesos a las que fueron sometidas para su obtención, por lo tanto, a mayores temperaturas el producto tiende a deshidratarse, llegando a porcentajes de humedad inferiores a 6%, siendo diferente estadísticamente del control.

Para analizar mejor el efecto de las harinas de leguminosas en la dureza de las botanas se puede observar en la Figura 10 mediante un gráfico de contornos, siendo la fracción X1: garbanzo; fracción X2: soya y fracción X3: frijol. Éste nos indica que las coordenadas (0,1,0); (0.66, 0, 0.33); (0.33, 0.33, 0.33); (0, 0.66, 0.33) y (0, 0.33, 0.66) con mayor tendencia hacia el eje X2 tienden a disminuir su dureza, mientras que, las coordenadas cerca al eje X3 con coordenada (0,0,1) aumenta significativamente la dureza de las botanas.

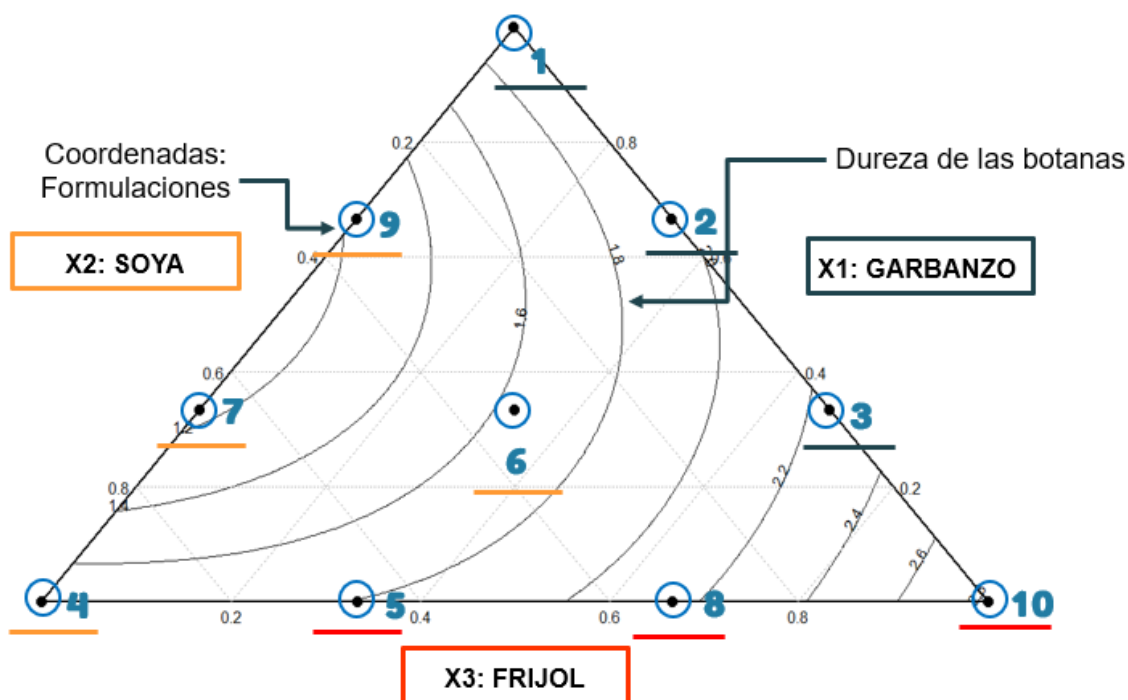


Figura 10 Efecto de las harinas de leguminosas en la textura (dureza kg-F) de las botanas

6.5.2 Color

El color es una de las propiedades más importantes en los alimentos, principalmente porque determina su elección a primera vista. De manera natural o procesada, los alimentos se caracterizan por tener un color característico por el cual el consumidor los puede identificar y a su vez es una cualidad que determina la calidad a través del sentido de la vista. (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014)

Al igual que la textura, el color es una característica organoléptica importante en las botanas. En el Cuadro 13 se presentan los resultados de las mediciones de color de las formulaciones obtenidas del diseño de mezclas de las harinas de leguminosas. Del mismo modo, se determinó el color de una botana comercial para tomar como control (Churritos “Kalipai” horneados a base de amaranto), esta se eligió de acuerdo al tipo de procesamiento debido a que no se encontró un producto con ingredientes similares.

Cuadro 13 Parámetros de color de botanas de harinas de leguminosas

Formulación	Contenido (%)			Color		
	Garbanzo	Soya	Frijol negro	L	a	b
1	1	0	0	60.40±0.02 ^{bc}	6.96±0.06 ^e	10.97±0.02 ^d
2	0.66	0.33	0	61.46±0.18 ^b	7.70±0.06 ^d	13.36±0.09 ^{cA}
3	0.33	0.66	0	60.14±0.03 ^{bc}	8.78±0.15 ^b	14.26±0.02 ^b
4	0	1	0	63.84±0.16 ^a	9.46±0.03 ^a	15.84±0.06 ^a
5	0.66	0	0.33	57.46±0.14 ^d	5.91±0.04 ^{fg}	7.66±0.04 ^f
6	0.33	0.33	0.33	59.51±0.06 ^c	5.75±0.07 ^g	9.46±0.12 ^e
7	0	0.66	0.33	57.32±0.06 ^d	8.04±0.07 ^c	11.28±0.08 ^d
8	0.33	0	0.66	51.21±0.01 ^e	4.62±0.08 ^{hA}	4.24±0.01 ⁱ
9	0	0.33	0.66	51.90±0.02 ^e	5.82±0.01 ^g	6.29±0.11 ^g
10	0	0	1	51.32±0.11 ^e	6.11±0.06 ^f	5.06±0.12 ^h
Control	-	-	-	69.52±0.79 ^A	4.63±0.30 ^A	13.94±0.57 ^A

Los resultados representan la media de cuatro réplicas ± desviación estándar. Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Tukey. Diferentes letras mayúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando Dunnett.

Los valores obtenidos indican que existen diferencias significativas entre cada formulación, debido a que las harinas con mayor proporción de soya tienen mayor luminosidad que las que contienen garbanzo y frijol (Figura 11). Por otro lado, ninguna formulación presentó similitud con respecto al control debido principalmente a que la luminosidad es mayor.

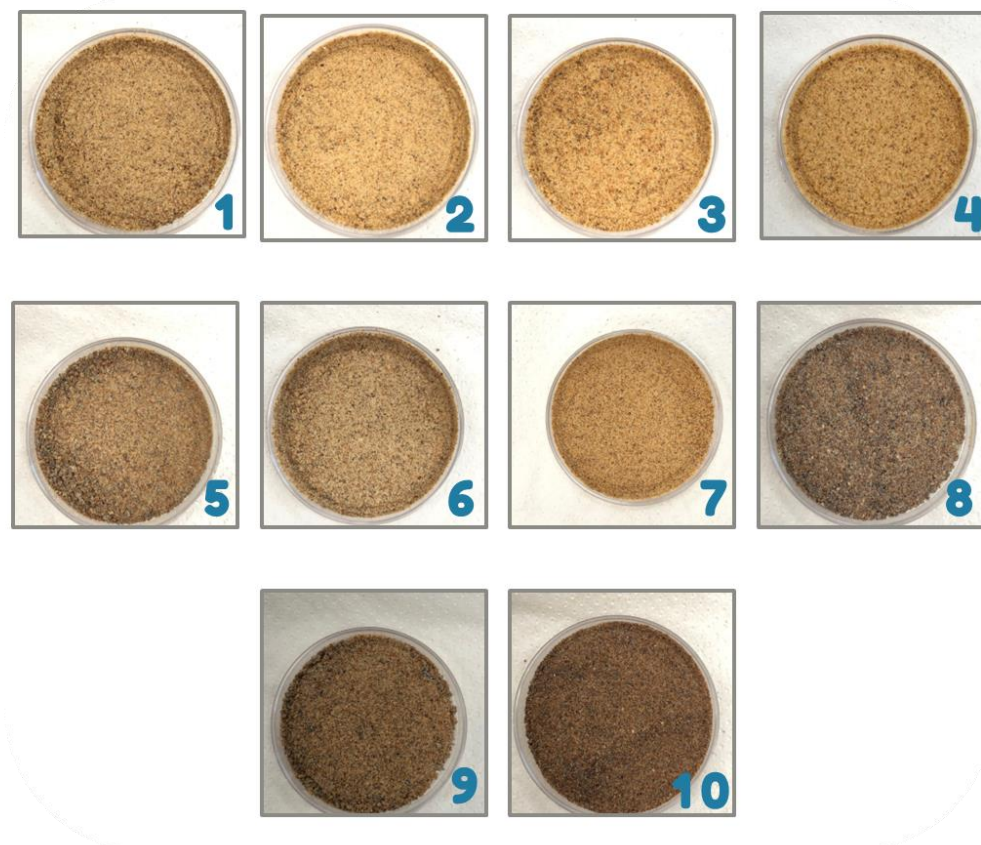


Figura 11 Colores de botanas de frijol, soya y garbanzo.

6.6 Selección de botanas obtenidas de harinas de leguminosas

La Figura 8 (gráfico de contornos) permitió la selección de las formulaciones de acuerdo con las coordenadas que se encuentran en el área de interés con respecto al control utilizado (1.56 ± 0.07 kg-F). Las formulaciones 4, 5, 6, 7 y 9 comprenden la región de interés debido a que es cercana al valor del control, además son cercanas al eje X2, siendo estas con mayor proporción de soya. Sin embargo, de acuerdo a

los valores obtenidos en el Cuadro 12, las formulaciones 5 y 9 tienen valores de dureza mayores y con diferencia significativa (2.39 ± 0.25 y 2.63 ± 0.06 respectivamente). A pesar de que el modelo de regresión presenta un valor de $R^2 = 0.774$, este valor puede ser usado para explicar, pero no para predecir el comportamiento, debido al bajo ajuste que presenta. Con base en lo anterior se realizó la prueba Dunnett para validar la selección de las formulaciones que se sometieron a la evaluación sensorial, resultando que las formulaciones que no presentan diferencias significativas son la 3, 4, 6, 7 y 8. Es importante mencionar que, pese a que la formulación 4 resultó seleccionada, no fue considerada debido a que es una mezcla pura.

6.5 Evaluación sensorial de las botanas

Una de técnicas para medir y asegurar la calidad de un alimento es mediante un análisis sensorial, donde se evalúan atributos por medio de la percepción humana que no pueden ser evaluados con otro tipo de análisis (Utset, 2020). Para la evaluación sensorial de las botanas de frijol, soya y garbanzo se codificaron las 4 formulaciones previamente seleccionadas como 845, 478, 397 y 958 siendo estas las formulaciones 3, 6, 7 y 8 respectivamente. Se evaluaron parámetros como apariencia, sabor, color, textura, resabio, agrado general. En la Figura 12 se presentan los datos obtenidos de las valoraciones medias de acuerdo a los consumidores entrevistados.

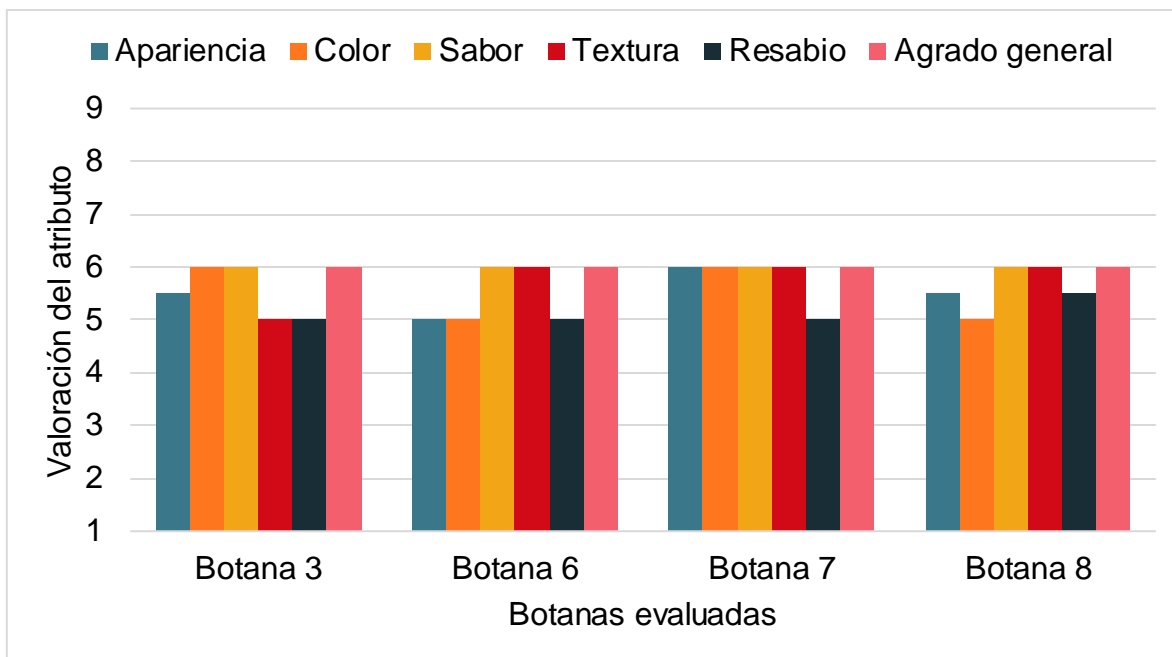


Figura 12 Evaluación sensorial de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

La apariencia de las 4 formulaciones (Figura 13) presentó diferencias significativas siendo que la formulación 7, fue la que obtuvo mayor preferencia con una valoración de 7 en la escala hedónica con un 27.03%, seguido de la formulación 3 con una valoración de 5 en la escala hedónica con un 27%. Los ingredientes que componen la botana #8 es frijol negro (66%) y garbanzo (33%), mientras que para la botana #3 es soya (66%) y garbanzo (33%). Con esto se puede observar que el garbanzo influyó para mejorar la apariencia de las botanas.

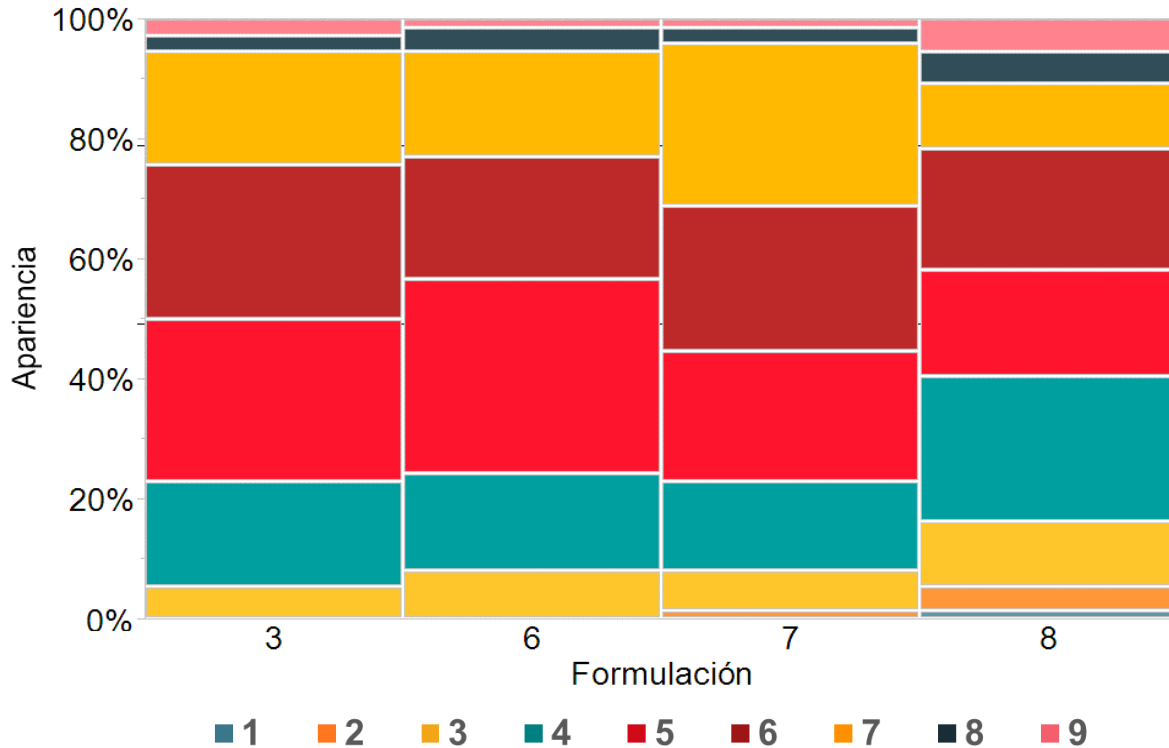


Figura 13 Valoración de la apariencia de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

El color en los alimentos sigue siendo un factor predominante en la elección de su consumo e intención de compra, pese a que en el mercado existen tendencias con tonos en los alimentos que no se relacionan con el sabor, son muy atractivos para el consumidor. El color en esta evaluación fue determinante para su elección, por lo que tonos que se asemejaron a los que tienen los “churritos” usados como referencia existentes en el mercado fueron los de mayor preferencia. Por lo que la formulación #3 y la #7 fueron las mejor evaluadas con una valoración de 7 en ambas con un 28.4 y 29.7%, teniendo en su composición mayor proporción de soya, que le da al producto un color claro, característico de los “churritos”, a diferencia de las formulaciones #6 y #8 que en su composición tiene frijol negro que les proporciona tonalidades más oscuras, siendo “inusual” en este tipo de productos (Figura 14).

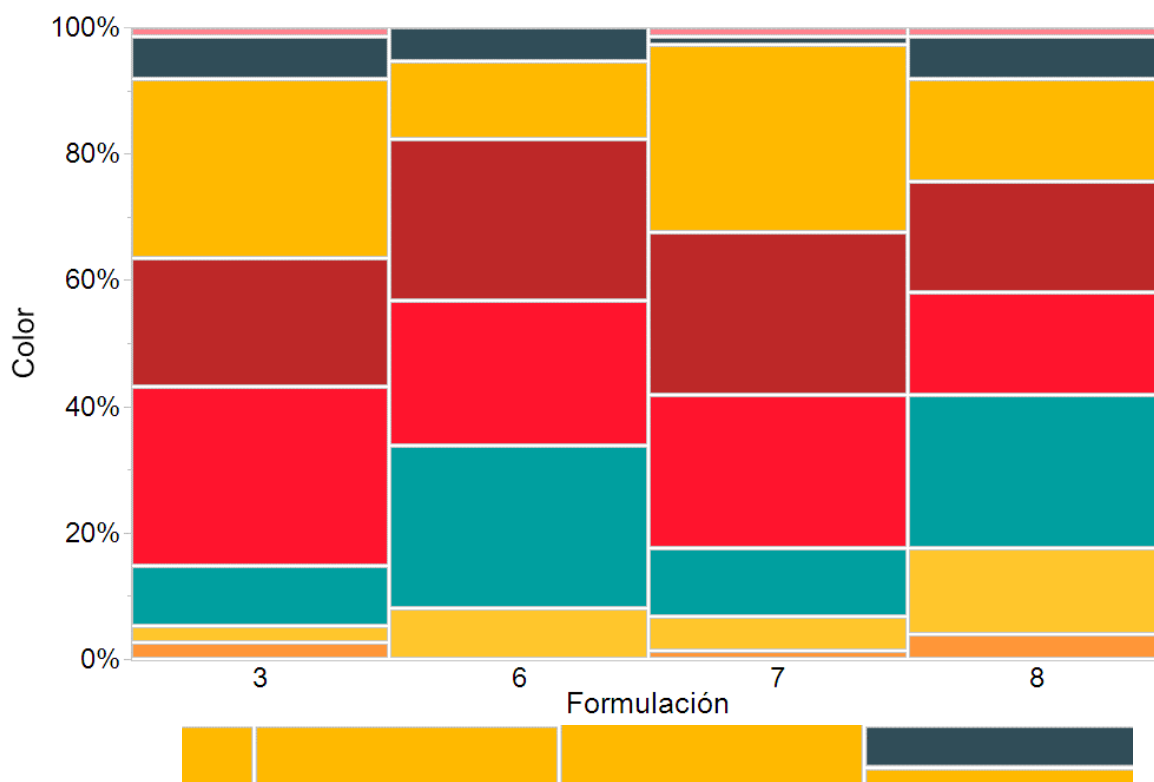


Figura 14 Valoración del color de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

El sabor del frijol, soya y garbanzo por si solos se caracterizan por ser neutros y con sabores suaves, además estos sabores pueden potencializarse con otros ingredientes, mejorando a su vez este atributo. Por lo tanto, la combinación de estas tres leguminosas más otros ingredientes permitió obtener un sabor agradable, siendo la botana #3 y #6 son las mejores valoradas según el 28.4 y 33.8% respectivamente.

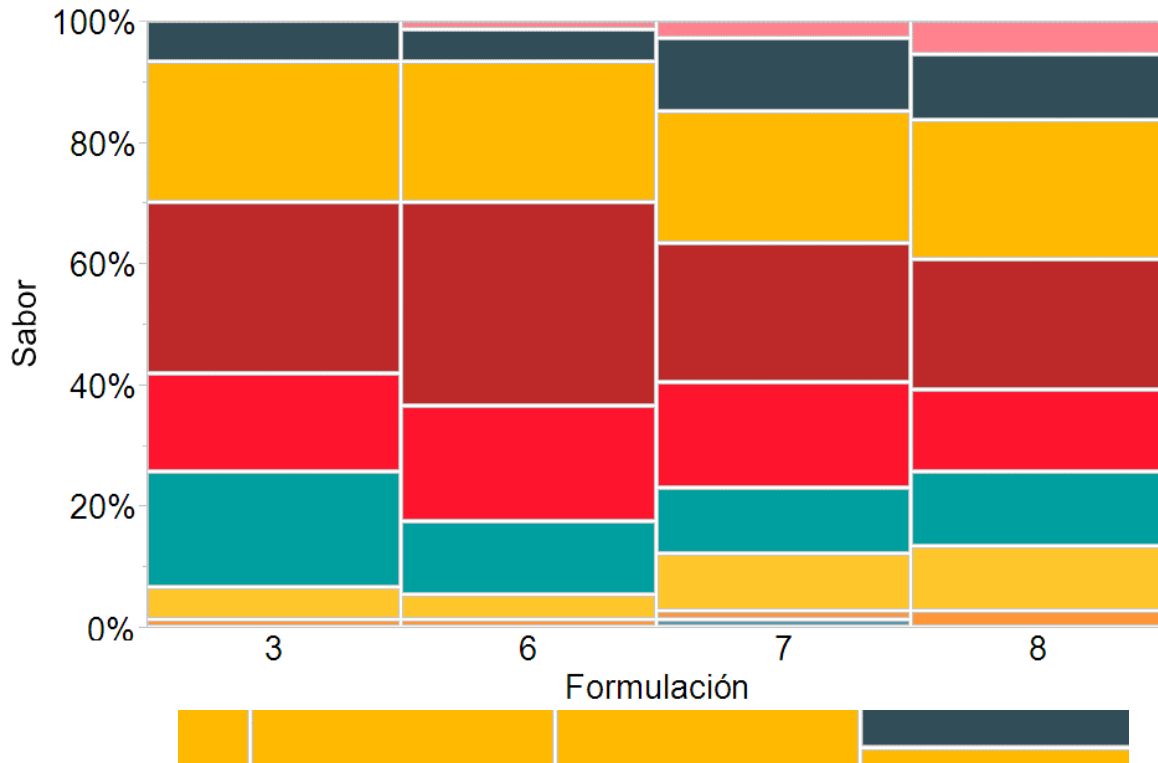


Figura 15 Valoración del sabor de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

Al igual que en el sabor, la textura de las muestras #6, #7 y #8 presentaron mayor preferencia (21.3, 29.7 y 21.6% respectivamente) con una valoración de 7 en la escala hedónica. A diferencia de la formulación #3 que presentó una valoración de 4 en la escala hedónica según el 29.7%. Esto podría deberse a que la botana #3 fue elaborada de soya y garbanzo, que de acuerdo a su composición química esta contiene un elevado porcentaje de lípidos con respecto al frijol, por lo que influye directamente en la textura del producto.

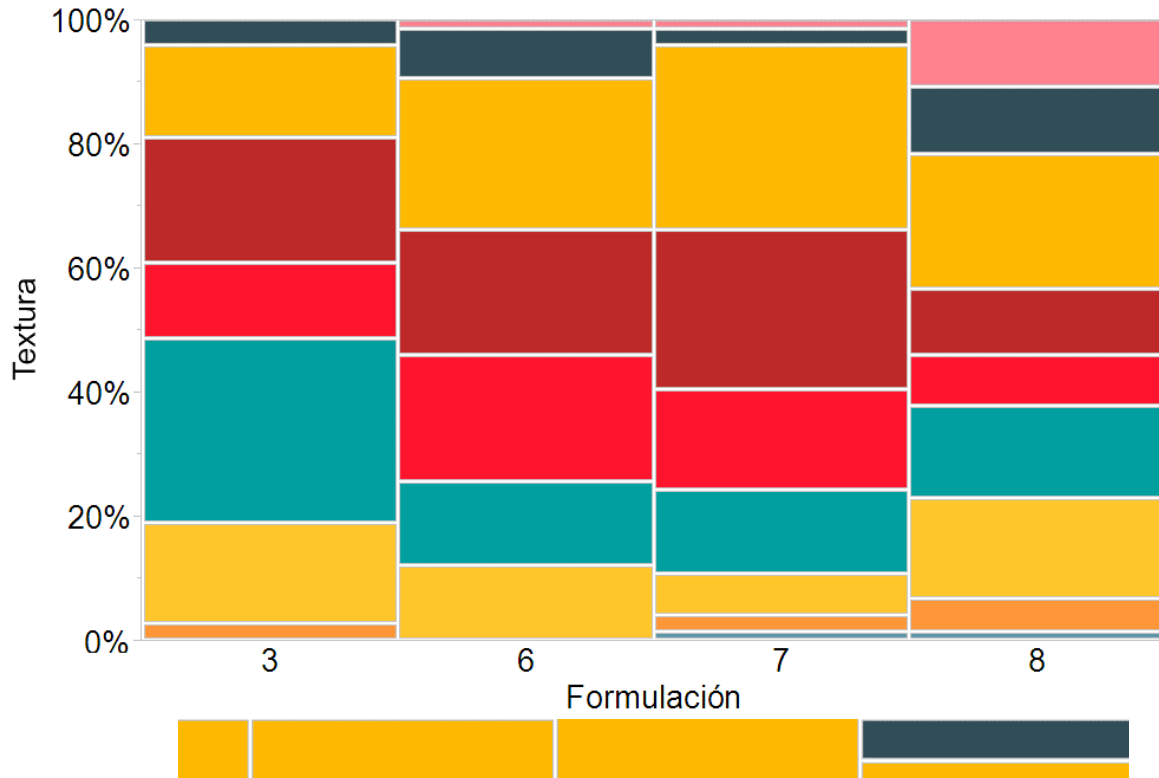


Figura 16 Valoración de textura de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

El resabio fue dominante en la muestra #6 con una valoración de 5 en la escala hedónica según 36.5% de personas encuestadas. Seguido de las botanas #7 y 8 y por último la muestra #3. Este orden de preferencia se podría deber principalmente a los otros ingredientes utilizados para mejorar el sabor del producto final, dado que en los sabores de las leguminosas por si solas se puede percibir un bajo o nulo resabio. La combinación de las leguminosas con otros ingredientes pudo haber influido directamente en el sabor y resabio.

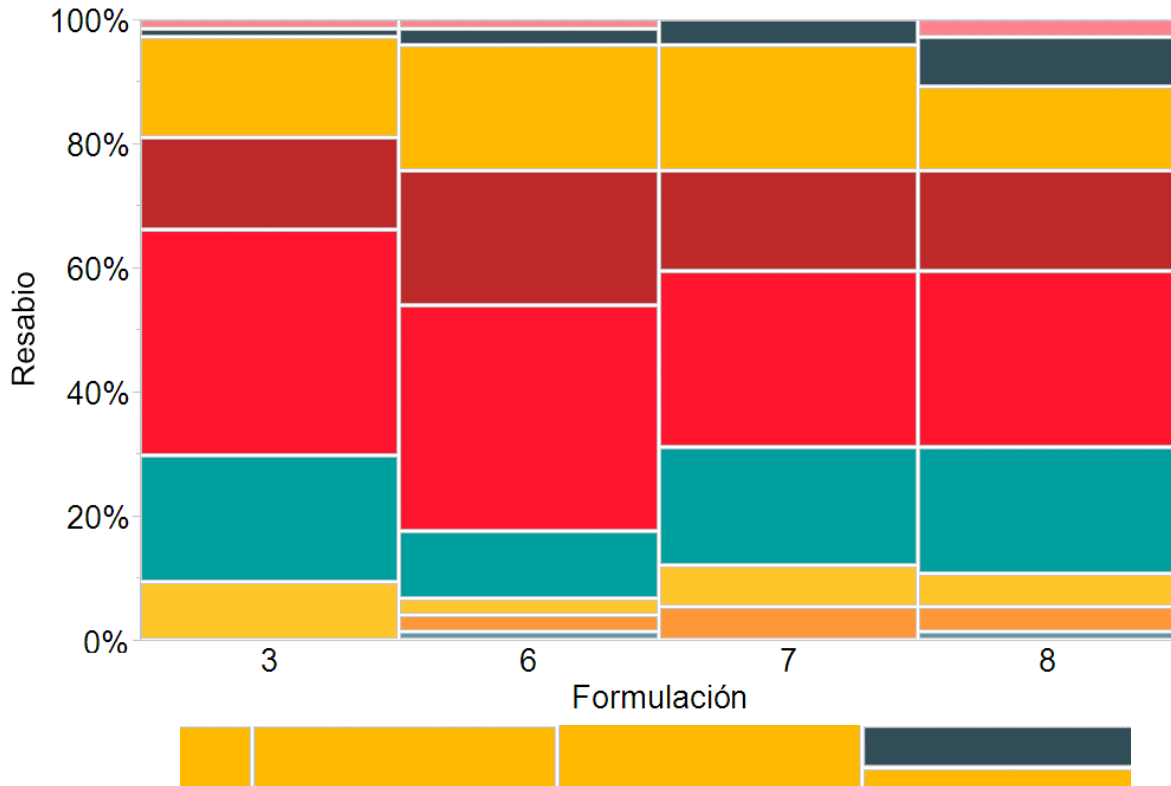


Figura 17 Valoración de resabio de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

En el agrado general de las botanas se presentaron diferencias significativas entre las 4 botanas evaluadas, siendo la mejor evaluada la formulación #7 predominando la valoración de 7 según la escala con un 25.7%. Seguidamente de las botanas #8 y 6, por último, la #6. De acuerdo con los resultados de agrado general y las puntuaciones de los demás atributos de obtuvo que las dos botanas con mayor preferencia entre los panelistas evaluados fueron las botanas #7 y 8.

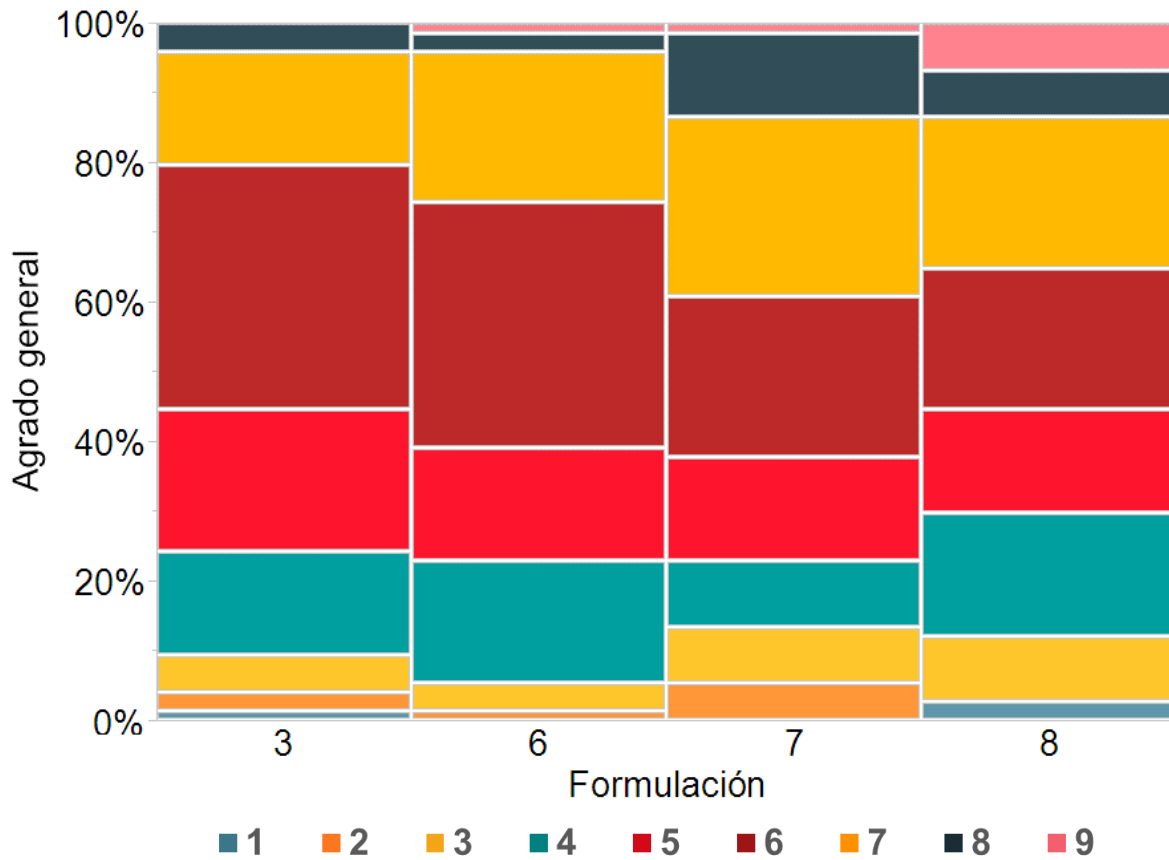


Figura 18 Valoración de agrado general de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

Escala hedónica de nueve puntos en donde: 1 significa “me disgusta muchísimo”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “Me disgusta”, 4 “Me disgusta levemente”, 5 “No me gusta ni me disgusta”, 6 “Me gusta levemente”, 7 “Me gusta”, 8 “Me gusta mucho” y 9 “me gusta muchísimo”.

Por último, de manera resumida en la Figura 17 se observa la valoración de las 4 botanas sometidas al análisis sensorial, siendo que la diferencia entre las mismas es mínima. La evaluación consistió en probar y valorar 4 muestras de 5 g cada una, mediante una escala hedónica de nueve puntos. Destacando que las botanas mejor evaluadas en la mayoría de los atributos son la #7 y 8.

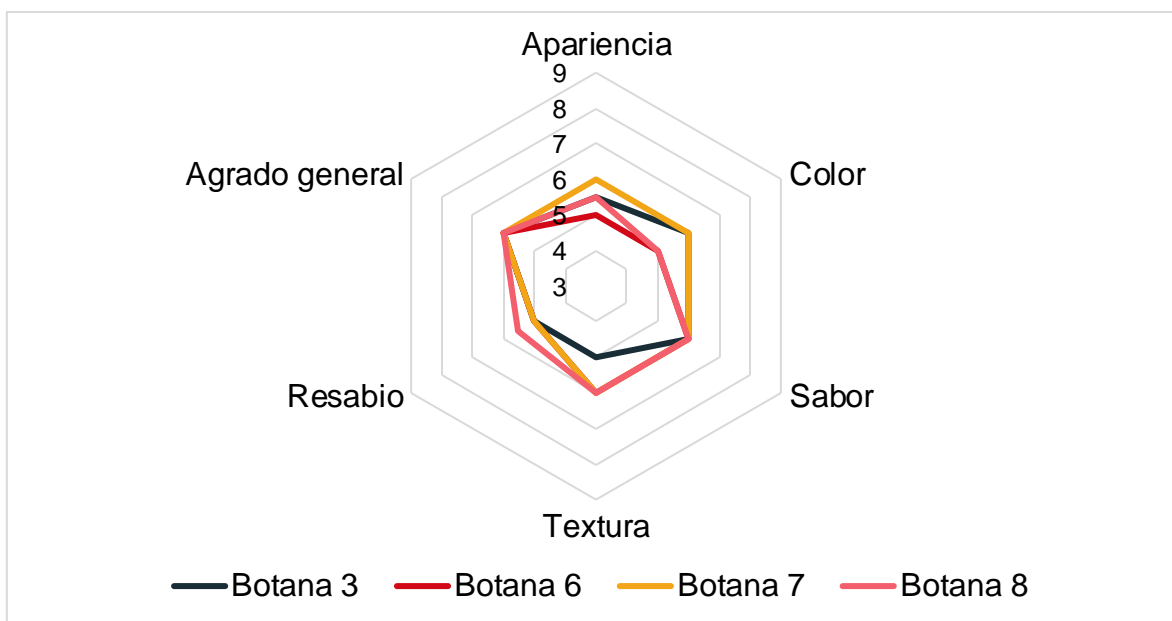


Figura 19 Evaluación sensorial de 4 botanas de frijol, soya y garbanzo.

6.5 Análisis proximales de las botanas seleccionadas

En el Cuadro 14 se presentan los resultados del análisis proximal de las botanas seleccionadas de acuerdo a la evaluación sensorial.

Cuadro 14 Composición química de las botanas

Botana	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)	Carbohidratos (%)
7	5.77±0.02 ^b	38.84±0.39 ^a	13.13±0.10 ^a	7.81±0.09 ^a	40.21 ^b
8	6.27±0.10 ^a	25.22±0.22 ^b	3.03±0.07 ^b	7.39±0.05 ^a	64.35 ^a

Botana 7: 66% soya y 33% frijol negro; Botana 8: 33% garbanzo y 66% frijol negro. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando t-student.

El contenido de proteína de las botanas ($38.84 \pm 0.39\%$ y $25.22 \pm 0.22\%$) fue significativamente mayor con respecto a las materias primas. La mezcla a diferentes proporciones de las leguminosas permitió complementar su contenido proteico para la obtención de botanas con alto contenido en proteínas.

Los lípidos presentes en las botanas representan un porcentaje minoritario ($13.13 \pm 0.10\%$ y $3.03 \pm 0.07\%$), la botana #7 presenta mayor contenido de lípidos

debido al alto contenido de soya en su formulación, sin embargo, este valor sigue siendo bajo de acuerdo a la NOM-086-SSA1-1994.

El porcentaje de cenizas en las botanas de igual manera representa un porcentaje mínimo en su contenido ($7.81\pm 0.09\%$ y $7.39\pm 0.05\%$), estas no presentaron diferencias una con respecto a la otra.

En mayor proporción se encuentran los carbohidratos en cada una de las botanas, siendo mayor la formulación #8 (64.35%) con respecto a la #7 (40.21%), debido a que en sus ingredientes se encuentra el frijol que de acuerdo a su composición química este tiene más del 70% en carbohidratos.

6.7 Fibra dietética total de las botanas seleccionadas

En el Cuadro 15 se presentan los resultados del contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble de las botanas seleccionadas de acuerdo a la evaluación sensorial.

Cuadro 15 Contenido de fibra total, fibra soluble y fibra insoluble en las botanas

Muestra	Fibra total (%)	Fibra Soluble (%)	Fibra Insoluble (%)
7	23.30 ± 0.29^a	2.94 ± 0.32^b	20.36 ± 0.65^a
8	23.82 ± 1.53^a	3.97 ± 0.18^a	18.77 ± 0.20^b

Botana 7: 66% soya y 33% frijol negro; Botana 8: 33% garbanzo y 66% frijol negro. Los resultados representan la media de tres réplicas \pm desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras minúsculas presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando t-student.

La fibra dietética total ($23.30\pm 0.29\%$ y $23.82\pm 1.53\%$) representa un porcentaje significativo tanto en la botana #8 como en la #7, del cual se encuentra en mayor proporción la fibra insoluble ($20.36\pm 0.65\%$ y $18.77\pm 0.20\%$), siendo a su vez una fuente relevante de fibra en el alimento.

6.8 Caracterización nutracéutica de las botanas seleccionadas

En el Cuadro 16 se presentan los resultados de compuestos fenólicos de las botanas seleccionadas de acuerdo a la evaluación sensorial.

Cuadro 16 Compuestos fenólicos de las botanas

Muestra	Fenoles totales (mg EAG/g)	Flavonoides totales (mg ER/g)	Taninos condensados (mg ECAT/g)
7	1343.61±37.80	330.41±9.91	8.64±0.22
8	791.87±8.33	343.61±12.72	4.35±0.07

Botana 7: 66% soya y 33% frijol negro; Botana 8: 33% garbanzo y 66% frijol negro. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando t-student.

El contenido total de compuestos fenólicos es significativo, puesto que se esperó que hubiera un contenido por debajo de lo obtenido, debido a que en la elaboración de la botana se emplearon múltiples tratamientos térmicos que afectaron el contenido de estos compuestos debido a que son perceptibles a los cambios de temperatura. Asimismo, el comportamiento de la capacidad antioxidante resultó ser similar a la de los compuestos fenólicos.

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de la capacidad antioxidante de las botanas seleccionadas de acuerdo a la evaluación sensorial.

Cuadro 17 Capacidad antioxidante de las botanas

Muestra	ABTS (mMETrolox/g)	FRAP (mMolETrolox/g)
7	7.46±0.57 ^a	18.46±0.97 ^a
8	3.36±0.84 ^b	14.78±0.24 ^b

Botana 7: 66% soya y 33% frijol negro; Botana 8: 33% garbanzo y 66% frijol negro. Los resultados representan la media de tres réplicas ± desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando t-student.

6.9 Digestibilidad *in vitro* de la proteína de la botana

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la digestibilidad *in vitro* de la proteína de las botanas seleccionadas de acuerdo a la evaluación sensorial.

Cuadro 18 Digestibilidad *in vitro* de la proteína de las botanas

Muestra	Digestibilidad (%)
7	81.44±1.93 ^a
8	79.43±0.01 ^a

Botana 7: 66% soya y 33% frijol negro; Botana 8: 33% garbanzo y 66% frijol negro. Los resultados representan la media de tres réplicas \pm desviación estándar (expresados en base seca). Diferentes letras presentan diferencias estadísticas ($p < 0.05$) usando t-student.

La digestibilidad *in vitro* de las proteínas de las botanas mostró valores de 81.44±1.93 y 79.43±0.01 para la formulación 7 y 8 respectivamente. Estos valores son significativamente menores al control empleado (caseína 88.5%), sin embargo, son considerados como porcentajes de alta digestibilidad (Sandoval et al., 2012). Por lo tanto, esto nos indica la calidad de las proteínas que contienen las botanas.

VII. Conclusiones

- Utilizando un diseño de mezclas simple se obtuvo una botana de segunda generación a base de harinas de frijol, soya y garbanzo con características organolépticas deseadas.
- Las botanas 3 (66% garbanzo y 33% soya), 6 (33% garbanzo, 33% soya y 33% frijol), 7 (66% soya y 33% garbanzo) y 8 (33% garbanzo y 66% frijol) no presentaron diferencias en textura con respecto al control comercial (1.56 kg-F) por lo que fueron seleccionadas para el análisis sensorial.
- Las botanas con mayor preferencia entre los consumidores evaluados fueron las formulaciones #7, con 66% soya y 33% frijol negro; y #8 con 33% garbanzo y 66% frijol negro; destacando el sabor, la textura y el agrado general con una mediana de 6 en los 3 atributos de acuerdo a la escala hedónica.

- Empleando frijol, soya y garbanzo como materia prima se obtuvieron las botanas #7 y #8 con 38.84-25.22% de proteína, 13.13-3.03% de lípidos, 23.30-23.82% de fibra dietética total, además de tener una digestibilidad *in vitro* de proteínas de 81.44-79.43% y una composición nutracéutica de 1342.61-791.87 (mg EAG/g), 330.41-343.61 (mg ER/g), 8.64-4.35 (mg ECAT/g); con una capacidad antioxidante de 7.46-3.36 (mMETrolox/g) y 18.46-14.78 (mMolETrolox/g).
- Las botanas desarrolladas a base de frijol, soya y garbanzo destacan por su gran aporte nutrimental, principalmente en el contenido de proteína y fibra, además de un bajo contenido de lípidos y sodio. Siendo éstos los compuestos de mayor interés para el consumidor con beneficios a la salud.

VIII. Bibliografía

Ahmed, M. H., Vasas, D., Hassan, A., & Molnár, J. (2022). The impact of functional food in prevention of malnutrition. *Pharma Nutrition*, 100288.

Aguilar-Raymundo, V. G., & Vélez-Ruiz, J. F. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 25-34.

Agume, A. S. N., Njintang, N. Y., & Mbofung, C. M. F. (2017). Effect of soaking and roasting on the physicochemical and pasting properties of soybean flour. *Foods*, 6(2), 12.

Afifah, D. N., Ningrum, Y. P. A., Syahidah, T., Nuryanto, N., Ayustaningwarno, F., & Sugianto, D. N. (2022). Nutrient Content, Organoleptic Quality, and Shelf Life of Sagon Substitute From Lindur (*Bruguiera gymnorrhiza* L.) and Soybean Flour (*Glycine max* L.), as an Alternative Emergency Food. *Frontiers in Nutrition*, 689.

Alajaji, S. A., & El-Adawy, T. A. (2006). Nutritional composition of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by microwave cooking and other traditional cooking methods. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(8), 806–812.

Alfonzo González, G. C. (2000). Efecto del tratamiento térmico sobre el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble en algunas leguminosas. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, 50(3), 281-285.

Almoraie, N. M., Saqaan, R., Alharthi, R., Alamoudi, A., Badh, L., & Shatwan, I. M. (2021). Snacking patterns throughout the life span: potential implications on health. *Nutrition Research*, 91, 81–94.

Aparicio-Fernández, X., Manzo-Bonilla, L., & Loarca-Piña, G. (2005). Comparison of antimutagenic activity of phenolic compounds on newly harvested and stored common beans *Phaseolus vulgaris* against Aflatoxin B₁. *Journal of Food Science*, 70(1): S73-S78

Arab, E. A., Helmy, I. M. F., & Bareh, G. F. (2010). Nutritional evaluation and functional properties of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flour and the improvement of spaghetti produced from its. *Journal of American Science*, 6(10), 1055-1072.

AOAC International. (2002). *Official methods of analysis of AOAC International*. Arlington, Va: AOAC International.

Azarpazhooh, E., & Boye, J. I. (2012). Composition of processed dry beans and pulses. In M. Siddiq & M. A. Uebersax (Eds.), *Dry beans and pulses production, processing and nutrition* (pp. 101–128)

Bednar, G. E., Patil, A. R., Murray, S. M., Grieshop, C. M., Merchen, N. R., & 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. *The Journal of Nutrition*, 131(2), 276–286.

Bekele, E. K., Nosworthy, M. G., Henry, C. J., Shand, P. J., & Tyler, R. T. (2020).

Oxidative stability of direct-expanded chickpea–sorghum snacks. *Food Science and Nutrition*, 8(8), 4340–4351.

Berrios, J. D. J. (2006). Extrusion cooking of legumes: Dry bean flours. In D. R. Heldman (Ed.), *Encyclopedia of agricultural food and biological engineering* (Vol. 1, pp. 1–8). Taylor & Francis.

Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461–482

Campos-Vega, R., Reynoso-Camacho, R., Pedraza-Aboytes, G., Acosta-Gallegos, J. A., Guzman-Maldonado, S. H., Paredes-Lopez, O., ... Loarca-Piña, G. (2009). Chemical Composition and In Vitro Polysaccharide Fermentation of Different Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Food Science*, 74(7), T59–T65.

Capella, J. M. C., Mas, M. J. E., & Cánoves, A. M. F. (2014). Snacks de patatas fritas y productos derivados, estudio de mercado. Aceptación en una alimentación saludable. *Revista española de nutrición comunitaria=Spanish journal of community nutrition*, 20(3), 99-108.

Carrete, L., Arroyo, P., & Centeno, E. (2018). ¿Es la extensión de marca para productos saludables una estrategia adecuada cuando hay una alta asociación de la marca con productos no saludables? *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 20, 421-442.

Chacón-Orduz G, Muñoz-Rincón, A., Quiñónez-Mosquera, G. A. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Revista Libre Empresa*, 14(2), 33-45

Chávez D, Ascheri J, Carvalho C, Godoy R, Pacheco S. (2017) Sorghum and

roasted coffee blend as a novel extruded product: Bioactive compounds and antioxidant capacity. *J Func Foods*; 29: 93-103.

Ciappini, M. C., Gatti, M. B., Cabreriso, M. S., & Chaín, P. (2016). Modificaciones fisicoquímicas y sensoriales producidas durante las frituras domésticas sobre aceite de girasol refinado y aceite de oliva virgen extra. *Invenio: Revista de investigación académica*, (37), 153-161.

Ciudad-Mulero, M., Fernández-Ruiz, V., Cuadrado, C., Arribas, C., Pedrosa, M. M., Berrios, J. D. J., Pan, J., & Morales, P. (2020). Novel gluten-free formulations from lentil flours and nutritional yeast: Evaluation of extrusion effect on phytochemicals and nonnutritional factors. *Food Chemistry*, 315, 126175.

Comai, S., Bertazzo, A., Costa, C. V. L., & Allegri, G. (2011). Quinoa: Protein and Nonprotein Tryptophan in Comparison with Other Cereal and Legume Flours and Bread. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 113–125. doi:10.1016/b978-0-12-380886-8.10011-x

Corrigan, M. L. (2017). Clinical: Water, electrolytes, and acid-base balance. In L. K. Mahan & J. L. Raymond (Eds.), *Krause's food & the nutrition care process* (14th ed., pp. 85–97). Elsevier

Culliney, K. (2013). Snack makers target legumes for healthy NPD. *Bakery and Snacks*. <https://www.semanticscholar.org/paper/Extrusion-effect-on-proximate-composition%2C-starch-Arribas-Cabellos/39f5b9b476fc0de33799aaebfbc015409c65cf43>.

Dandachy, S., Mawlawi, H., & Obeid, O. (2019). Effect of Processed Chickpea Flour Incorporation on Sensory Properties of Mankoushe Zaatar. *Foods*, 8(5), 151.

De Almeida Costa, G. E., da Silva Queiroz-Monici, K., Pissini Machado Reis, S. M.,

& de Oliveira, A. C. (2006). Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, common bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chemistry*, 94(3), 327–330.

Deshpande S. y Cheyran M.(1987) Determination of phenolic compounds of dry beans using vanillin, redox and precipitation assays. *Journal of Food Science*; 52: 245-516.

Dixit, A., Antony, J. I., Sharma, N. K., & Tiwari, R. K. (2011). 12. Soybean constituents and their functional benefits. *Research Signpost*, 37(661), 2.

Domene, S. M. A., & Oliveira, A. C. de. (1993). The Use of Nitrogen-15 Labeling for the Assessment of Leguminous Protein Digestibility. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 39(1), 47–53.

El-Shemy, H., Abdel-Rahim, E., Shaban, O., Ragab, A., Carnovale, E., & Fujita, K. (2000). Comparison of nutritional and antinutritional factors in soybean and fababean seeds with or without cortex. *Soil science and plant nutrition*, 46(2), 515-524.

Etiosa, O. R., Chika, N. B., & Benedicta, A. (2017). Mineral and proximate composition of soya bean. *Asian Journal of Physical and Chemical Sciences*, 4(3), 1-6. 10.1016/j.foodchem.2004.11.020

Euromonitor international. (2021). *Industria de botanas*. Seale & Associates.

FAO, FIDA, OPS, WFP y UNICEF. (2021). *América Latina y el Caribe - Panorama regional de la seguridad alimentaria y nutricional 2021: estadísticas y tendencias*. Santiago de Chile, FAO.

Fernández Valenciano, A. F., & Sánchez Chávez, E. (2017). Study of physicochemical properties and nutritional quality in different varieties of beans

consumed in Mexico. *Nova scientia*, 9(18), 133-148.

García Alanís, K. G., Báez González, J. B., Gallardo Rivera, C. T., García Solano, N. F., Walle Castro, A. V., Martínez García, M. K., & Hernández Cortés, N. A. (2019). Caracterización Fisicoquímica y efecto de la cocción en propiedades nutricionales del frijol *Vigna umbellata* Thumb. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 81-86.

Gasparre N., & Rosell, C. M. (2021). Snacking: Ingredients, Processing and Safety. In *Cereal-Based Foodstuffs: The Backbone of Mediterranean Cuisine* (pp. 167-192). Springer, Cham.

Giusti, F., Capuano, E., Sagratini, G., & Pellegrini, N. (2019). A comprehensive investigation of the behaviour of phenolic compounds in legumes during domestic cooking and in vitro digestion. *Food Chemistry*, 285, 458-467.

Gómez, L.P. (2013). Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3a generación a base de chía y almidón de maíz resistente AR4. Tesis de maestría, Universidad veracruzana.

Gupta, R., Sharma, D., & Joshi, I. (2013). Nutrient analysis of raw and processed soybean and development of value added soybean noodles. *Invent Rapid*, 1-5.

Hess, J. M., Jonnalagadda, S. S., & Slavin, J. L. (2016). What is a snack, why do we snack, and how can we choose better snacks? A review of the definitions of snacking, motivations to snack, contributions to dietary intake, and recommendations for improvement. *Advances in Nutrition*, 7(3), 466-475.

Hirigoyen, A., Bratschi, C., Furtado, S., Arias, G., González, A., & Bauza, R. (2010). Caracterización química del grano de soja sometido a diferentes tratamientos de desactivación: 1. Efecto del cocimiento en agua. *Agrociencia Uruguay*, 14(3), 205-

205.

Hsu, H. W., Vavak, D. L., Satterlee, L., & Miller, G. A. (1977). A multienzyme technique for estimating protein digestibility. *Journal of food science*, 42(5), 1269-1273.

Jenkins, W. M., Jenkins, A. E., Jenkins, A. L., & Brydson, C. (Eds.). (2019). How it works: Mechanisms of action. In *The portfolio diet for cardiovascular disease risk reduction* (pp. 29–46). Academic Press.

Jukanti, A. K., Gaur, P. M., Gowda, C. L. L., & Chibbar, R. N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S11-S26.

Liu, K. (1997). Chemistry and Nutritional Value of Soybean Components. *Soybeans*, 25–113.

López-Martínez, A., Azuara-Pugliese, V., Sánchez-Macias, A., Sosa Mendoza, G., Dibildox-Alvarado, E., & Grajales-Lagunes, A. (2019). High protein and low-fat chips (snack) made out of a legume mixture. *CYTA - Journal of Food*, 17(1), 661–668.

Los, F. G. B., Zielinski, A. A. F., Wojcickowski, J. P., Nogueira, A., & Demiate, I. M. (2018). Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63–71.

Luna-Vital, D. A., Mojica, L., González de Mejía, E., Mendoza, S., & Loarca-Piña, G. (2015). Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. *Food Research International*, 76(P1), 39–50.

Maldonado, S. H. G., Gallegos, J. A. A., Muñoz, M. D. L. Á. Á., Delgado, S. G., & Piña, G. L. (2002). Calidad alimentaria y potencial nutracéutico del frijol (*Phaseolus*

vulgaris L.). *Agricultura Técnica en México*, 28(2), 159-173.

Manzo, C. A. (2019). *Desarrollo, caracterización y evaluación sensorial de una botana extruida a base de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) y amaranto (Amaranthus hypochondriacus)*". Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro.

Market Data Forecast (2022) North America Snack Products Market By Type (Salted Snacks, Bakery Snacks, Confectionary, Speciality And Frozen Snacks), By Distribution Channel (Specialist Retailers, Internet Sales, Super Markets, Convenience Stores And Others) And By Region - Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, And Forecasts (2023 to 2028).

Mateos-Aparicio, I., Cuenca, A. R., Villanueva-Suárez, M. J., & Zapata-Revilla, M. A. (2008). Soybean, a promising health source. *Nutricion hospitalaria*, 23(4), 305-312.

Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro sur*, 42(2), 57-66.

Mattes, R. D. (2018). Snacking: A cause of concern. *Physiology & Behavior*, 193, 279–283

Medic, J., Atkinson, C., & Hurburgh, C. R. (2014). Current Knowledge in Soybean Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(3), 363–384. doi:10.1007/s11746-013-2407-9

Meilgaard MC (2016), Vance G, Carr B. *Sensory evaluation techniques*. Fifth edition. New York: CRC Press, 307-321.

Menchú, M., & Mendez, H. (2007). *Tabla de Composicion de Alimentos de*

Centroamerica INCAP.

Menchú, M., & Méndez, H. (2012). Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica/INCAP/2da. Edición. Guatemala.

Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100(suppl_1), 437S–442S.

Meza Rivera, C.D. (2011) *Elaboración, evaluación nutricional y nutracéutica de una botana a partir de harinas extrudidas maíz/frijol* (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro). Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Querétaro. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/614>

Mittal, R., Nagi, H. P. S., Sharma, P., & Sharma, S. (2012). Effect of processing on chemical composition and antinutritional factors in chickpea flour. *Journal of Food Science and Engineering*, 2(3), 180.

Morales, P., Cebadera-Miranda, L., Cámara, R. M., Reis, F. S., Barros, L., Berrios, J. D. J., Ferreira, I. C. F. R., & Cámara, M. (2015). Lentil flour formulations to develop new snack-type products by extrusion processing: Phytochemicals and antioxidant capacity. *Journal of Functional Foods*, 19, 537–544.

Moreiras, O., Carbajal, Á., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tablas de composición de alimentos. Pirámide.

Murador, D., Braga, A. R., Da Cunha, D., & De Rosso, V. (2017). Alterations in phenolic compound levels and antioxidant activity in response to cooking technique effects: A meta-analytic investigation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(2), 169–177.

Navarro Cortez, R. O., Castro Rosas, J., Aguilar Palazuelos, E., Rodríguez Miranda, J., Medrano Roldán, H., Delgado Lincon, E., . . . Gómez Aldapa, C. (2014). Alimentos

botana, aceptabilidad y nutrición humana. En M. Aguilera Ortiz, R. Reynoso Camacho, C. Gómez Aldapa, R. Uresti Martín, & J. Ramírez de León, Los alimentos en México y su relación con la salud (págs. 177-190). Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Naqash, F., Gani, A., Gani, A., & Masoodi, F. A. (2017). Gluten-free baking: Combating the challenges - A review. *Trends in Food Science and Technology*, 66, 98–107

Nikmaram, N., Leong, S. Y., Koubaa, M., Zhu, Z., Barba, F. J., Greiner, R., Oey, I., & Roohinejad, S. (2017). Effect of extrusion on the antinutritional factors of food products: An overview. *Food Control*, 79, 62–73

Niño Medina, G., Muy Rangel, D., Garza Juárez, A. D. J., Vázquez Rodríguez, J. A., Méndez Zamora, G., & Urías Orona, V. (2017). Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo (*Cicer arietinum*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(1), 68-73.

NOM-210-SSA1-2014, 2014. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos.

NOM-187-SSA1/SCFI-2002, 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. Secretaría de Salud.

Nyombaire, G., Siddiq, M., & Dolan, K. D. (2011). Physico-chemical and sensory quality of extruded light red kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) porridge. *LWT - Food Science and Technology*, 44(7), 1597–1602.

Offiah, V., Kontogiorgos, V., & Falade, K. O. (2019). Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2979–2998.

Onwulata, C. I., Smith, P. W., Konstance, R. P., & Holsinger, V. H. (2001). Incorporation of whey products in extruded corn, potato or rice snacks. *Food Research International*, 34(8), 679-687.

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.

Organización Mundial de la Salud (2021). Malnutrición - Datos y cifras. Obtenido de Who.int: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>

Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Mendoza-Vinalay, M., Tovar, J., & Bello-Pérez, L. A. (2008). Pasta adicionada con harina de garbanzo: composición química, digestibilidad in vitro del almidón y predicción del índice glucémico. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 6(1), 6–12.

Paredes López, O., Guevara Lara, F., & Bello Pérez, L. (2006). Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de cultura económica.

Paula, A. M., & Conti-Silva, A. C. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Journal of food engineering*, 121, 9-14.

Pérez-Navarrete, C., Cruz-Estrada, R. H., Chel-Guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2006). Caracterización física de extrudidos preparados con mezclas de harinas de maíz QPM (*Zea mays* L.) y frijol lima (*Phaseolus lunatus* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 5(2), 145-155.

Perez- Perez, L. M., García-Borbón, L., González-Vega, R. I., Rodríguez-Figueroa, J. C., Rosas-Burgos, E. C., Huerta-Ocampo, J. Á., ... & Del-Toro-Sánchez, C. L. (2018). Liberación de compuestos fenólicos ligados en el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) utilizando microbiota humana intestinal. *Biotecnia*, 20(3), 146-154.

Perfilova, O. V., Akishin, D. V., Vinnitskaya, V. F., Danilin, S. I., & Olikainen, O. V. (2020). Use of vegetable and fruit powder in the production technology of functional food snacks. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548, 082071.

Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO) (2018). Alimentos chatarra. Disponible en: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/alimentos-chatarra?state=published>. Acceso 25-01-2020

Ramírez-Jiménez, A. K., Gaytán-Martínez, M., Morales-Sánchez, E., & Loarca-Piña, G. (2018). Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. *LWT*, 89, 674-680.

Ramos-Díaz, J. M., Suuronen, J. P., Deegan, K. C., Serimaa, R., Tuorila, H., y Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 1047-1056.

Riaz, M. N. (2006). New Technological Solutions – Extrusion Process. In: International Palm Oil Trade Fair & Seminar (PDTS). Malaysia, Kuala Lumpur, 21–24 Noviembre. Food Protein R&D Center, Texas A & M University.

Riaz, M. N. (2016). Snack Foods: Processing. *Encyclopedia of Food Grains*, 414–422.

Rodríguez-Miranda, J., Ruiz-López, I. I., Herman-Lara, E., Martínez-Sánchez, C. E.,

Delgado-Licon, E., y Vivar-Vera, M. A. (2011). Development of extruded snacks using taro (*Colocasia esculenta*) and nixtamalized maize (*Zea mays*) flour blends. *LWT-Food Science and Technology*, 44(3), 673-680

Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food research international*, 43(2), 432-442.

Sánchez-Arteaga, H. M., Urías-Silvas, J. E., Espinosa-Andrews, H., & García-Márquez, E. (2014). Effect of chemical composition and thermal properties on the cooking quality of common beans (*Phaseolus vulgaris*). *CyTA - Journal of Food*, 13(3), 385–391. doi:10.1080/19476337.2014.988182

Sandoval, A. P., Farhat, I., & Fernández, A. (2007). Comportamiento reológico de harinas y almidones de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) durante un proceso de extrusión. *Vitae*, 14(1), 06-15.

Sandoval-Oliveros, M. R., & Paredes-López, O. (2012). Isolation and Characterization of Proteins from Chia Seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(1), 193–201.

Segev, A., Badani, H., Kapulnik, Y., Shomer, I., Oren-Shamir, M., & Galili, S. (2010). Determination of Polyphenols, Flavonoids, and Antioxidant Capacity in Colored Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Food Science*, 75(2), S115–S119. doi:10.1111/j.1750-3841.2009.01477.x

Simons, C. W., Hall, C., Tulbek, M., Mendis, M., Heck, T., & Ogunyemi, S. (2015). Acceptability and characterization of extruded pinto, navy and black beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(11), 2287–2291.

Singh, S., Gamlath, S., & Wakeling, L. (2007). Nutritional aspects of food extrusion: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(8), 916–929.

Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2017). Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Research International*, 101, 1-16. (Singh et al., 2017)

Singh, N. (2017). Pulses: An overview. *Journal of Food Science & Technology*, 54(4), 853–857.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1998). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299: 152-178.

Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. M. (1999) Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. In *Methods in Enzymology*; Academic Press - Elsevier; Vol. 299, pp 152–178

Thavarajah, D., McSwain, M., Johnson, C. R., Kumar, S., & Thavarajah, P. (2019). Pulses, global health, and sustainability: Future trends. In W. Dahl (Ed.), *Health benefits of pulses* (1st ed., pp. 1–17). Springer International Publishing.

Tovar, J., & Melito, C. (1996). Steam-Cooking and Dry Heating Produce Resistant Starch in Legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(9), 2642–2645. doi:10.1021/jf950824d

Uauy, R., & Monteiro, C. A. (2004). The challenge of improving food and nutrition in Latin America. *Food and Nutrition Bulletin*, 25(2), 175-182.

UNICEF. (2019). *Estado mundial de la infancia: Niños, alimentos y nutrición*.

Utset, E. Z. (2020). *Evaluación objetiva de la calidad sensorial de alimentos*

procesados. Editorial Universitaria (Cuba).

Valencia Niño de Rivera, A.D. (2017). Propiedades organolépticas y nutrimentales de churritos tradicionales a base de maíz y amaranto adicionados con sólidos granulares de nopal (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California). Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Baja California. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/572>

Valenzuela-Lagarda, J., Gutiérrez-Dorado, R., Pacheco-Aguilar, R., Lugo-Sánchez, M., Valdez-Torres, J., Reyes-Moreno, C., y Muy-Rangel, M. (2017). Botanas expandidas a base de mezclas de harinas de calamar, maíz y papa: efecto de las variables del proceso sobre propiedades fisicoquímicas. *Journal Of Food*, 15(1).

Vatanparast, H., Islam, N., Masoodi, H., Shafiee, M., Prakash Patil, R., Smith, J., et al. (2020). Time, location and frequency of snack consumption in different age groups of Canadians. *Nutrition Journal*, 19, 85.

Vilcanqui-Pérez, F., & Vílchez-Perales, C. (2017). Fibra dietaria: nuevas definiciones, propiedades funcionales y beneficios para la salud. Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(2), 146-156.

Wang, N., Hatcher, D. W., Tyler, R. T., Toews, R., & Gawalko, E. J. (2010). Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 43(2), 589–594.

Wood, J. A., & Grusak, M. A. (2007). Nutritional value of chickpea. *Chickpea breeding and management*, 101-142. Yagüe A.M.A. 2003. Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. *Observatorio de la seguridad Alimentaria*. P. 1-34.

Yağcı, S., Altan, A., & Doğan, F. (2020). Effects of extrusion processing and gum

content on physicochemical, microstructural and nutritional properties of fermented chickpea-based extrudates. *LWT - Food Science and Technology*, 124, 109150.

Yusnawan, E. (2018). Effects of different extraction methods on total phenolic content and antioxidant activity in soybean cultivars. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 102, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.

ANEXOS

Anexo A. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Título de estudio: Evaluación sensorial de botanas de frijol, soya y garbanzo.

Responsable del estudio: IIA. Mirna Sofia Romero Ortiz

Introducción

En el presente estudio se evaluará el nivel de agrado de botanas obtenidas a partir de harinas de leguminosas, mediante una prueba sensorial hedónica. Este estudio va dirigido a adultos entre 18- 40 años, de la ciudad de Santiago de Querétaro, Qro. México.

Resumen del estudio

Se darán muestras de 10 g de tres botanas. Se solicitará que contesten la prueba sensorial que se evaluará mediante una escala de prueba hedónica, la cual indicará el nivel de agrado del producto, el tiempo que dura el estudio no es mayor a 30 min o bien el que le tome responder el cuestionario.

Riesgos del estudio

Dada la naturaleza del estudio, **NO EXISTE** riesgo alguno que atente contra la seguridad o salud del participante. Sin embargo, no es recomendable que participen personas que tengan alguna alérgica o intolerancia a los ingredientes que se menciona a continuación: Frijol, soya, garbanzo y sal (cloruro de sodio).

Criterios de inclusión: Personas entre 18-40 años ambos sexos. Sin ninguna intolerancia o alergia a ninguno de los ingredientes de la formulación en ensayo (ver datos de composición).

Criterios de exclusión: Personas que presenten alguna intolerancia o alergia a alguno de los ingredientes de la formulación en ensayo (ver datos de composición).

La información recabada del estudio es estrictamente confidencial de acuerdo con

los lineamientos estipulados por el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud (Artículos 13 y 16), Ley de Información Estadística y Geográfica (Artículos 38 y 42) y los del comité de bioética de la UAQ.

Es importante mencionar que no existe ningún tipo de compensación económica, ni de ninguna índole por su participación.

Beneficios del estudio

1. La información que se reúna será utilizada para fines del conocimiento del nivel de agrado del estudio.
2. Agradecemos de antemano su autorización y consentimiento. Se le proporcionara una copia del presente documento para posibles futuras aclaraciones

Atención médica

Se hace de su conocimiento que existe la disponibilidad de tratamiento médico en la clínica de atención médica FarmaUAQ, solamente en el caso de sufrir daños directamente causados por la ingestión del producto.

Al firmar este documento acepto y manifiesto bajo la protesta de decir la verdad y estar en condiciones de participar en la totalidad de las etapas del estudio.

Firma: _____

Fecha: _____

Dra. Marcela Gaytán Martínez
Investigador Responsable
Email: marcelagaytanm@yahoo.com.mx

IIA. Mirna Sofía Romero Ortiz
Estudiante Responsable
romerortiiz@gmail.com

Testigo 1

Testigo 2

Anexo B. REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Santiago de Querétaro, Qro a ___ de ___ del ___

Mediante la presente, el (la) que suscribe _____ declaré la revocación del consentimiento informado del estudio Evaluación sensorial de botanas de frijol, soya y garbanzo, lo anterior por así convenir a mis intereses, firmado el _____ en el que consentí mi participación.

Firma del participante _____

Firma del investigador responsable _____

Testigo 1 _____

Testigo 2 _____

Anexo C. Formato de evaluación sensorial



Universidad Autónoma de Querétaro



Formato de evaluación sensorial

Producto: Botanas tipo "churrito" de frijol, soya y garbanzo

Formato de evaluación sensorial de botanas tipo "churrito" elaboradas a partir de harinas de frijol, soya y garbanzo para determinar atributos de apariencia, color, sabor, textura, resabio y agrado general.

Panelista N°:

Edad: Ocupación:.

Fecha:

Instrucciones

Frente a usted se presentan cuatro muestras de botanas de frijol, soya y garbanzo con diferentes codificaciones. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría (Me disgusta muchísimo, Me disgusta mucho, Me disgusta, Me disgusta levemente, No me gusta ni me disgusta, Me gusta levemente, Me gusta, Me gusta mucho y Me gusta muchísimo)

Sección A

- 1. Evalué las botanas colocando una ✓ correspondiente en la escala que describa mejor la reacción hacia el atributo mencionado.

Clave: 845

Apariencia



Color



Sabor



Textura



Resabio



Agrado general



Evalué las botanas colocando una ✓ correspondiente en la escala que describa mejor la reacción hacia el atributo mencionado.

Clave: 478

Apariencia



Color



Sabor



Textura



Resabio



Agrado general



2. Evalué las botanas colocando una ✓ correspondiente en la escala que describa mejor la reacción hacia el atributo mencionado.

Clave: 397

Apariencia



Color



Sabor



Textura



Resabio



Agrado general



3. Evalué las botanas colocando una ✓ correspondiente en la escala que describa mejor la reacción hacia el atributo mencionado.

Clave: 958

Apariencia



Color



Sabor



Textura



Resabio



Agrado general



Sección B

1. Escriba la clave de las muestras presentadas. Si este producto estuviera disponible donde usted habitualmente compra ¿Lo compraría? Evalúelas colocando el número correspondiente en la escala que describa mejor la reacción hacia el atributo mencionado, siendo que **1. Definitivamente lo compraría, 2. Probablemente lo compraría, 3. No sé si lo compraría, 4. Probablemente si lo compraría, 5. Definitivamente si lo compraría.**

Clave	Calificación
845	
478	
397	
958	

Sección C

1. Marque los productos que habitualmente consume. Puede marcar más de una opción.

Tipo de producto	✓	Frecuencia de consumo*
Churritos	<input type="checkbox"/>	
Papas fritas	<input type="checkbox"/>	
Puffs	<input type="checkbox"/>	
Cacahuates/Nueces	<input type="checkbox"/>	

*Diario, tres veces en una semana, cada dos semanas, solamente en fiestas.

Anexo D. Cartel de reclutamiento para la evaluación sensorial

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE QUERÉTARO**

El posgrado de Alimentos de
la Facultad de química te
invita a participar en la

**EVALUACIÓN
SENSORIAL**

de **BOTANAS** a
base de leguminosas: **frijol,
soya y garbanzo.**

Requisitos:

- Edad 18 - 40 años
- Residente en el estado de Querétaro
- No tener alergias a leguminosas: frijol, soya y garbanzo.
- Gusto por las botanas

Lugar: Sala de evaluación sensorial
CAIDEP - UAQ

Fecha: Por confirmar

¡TE ESPERAMOS!



**YUM
YUM**



