



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

BOTANA HORNEADA "TIPO TOSTITO" DE MAÍZ Y GARBANZO.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

PRESENTA:
ANA CRISTINA TORRES ARRIAGA

ASESOR: DR. ENRIQUE MARTÍNEZ MANRIQUE
COASESOR: I.A VERÓNICA JIMÉNEZ VERA

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



UNAM
CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO
DE TITULACIÓN

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: DRA. MARIA DEL CARMEN VALDERRAMA BRAVO
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

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

Botana horneada tipo "Tostito" de maíz y garbanzo.

Que presenta la pasante: **Ana Cristina Torres Arriaga**

Con número de cuenta: **417019192** para obtener el título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 02 de Marzo de 2023.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Elsa Gutiérrez Cortez	
VOCAL	Dra. María de la Luz Zambrano Zaragoza	
SECRETARIO	Dr. Enrique Martínez Manrique	
1er. SUPLENTE	M. en C. y M. en I. Ana María Soto Bautista	
2do. SUPLENTE	Dra. Alma Adela Lira Vargas	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*



AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se realizó con el apoyo del proyecto DGAPA-PAPIME 200522 “Mejoramiento de la enseñanza teórico-práctica mediante un aula y laboratorio virtuales en el Taller Multidisciplinario de Procesos Tecnológicos de Cereales de la carrera de Ingeniería en alimentos de FESC-Cuautitlán”

Se agradece el apoyo del programa de cátedras de investigación “Cambios moleculares generados durante el almacenamiento de granos no convencionales en la elaboración de alimentos procesados” con clave CI 2253 de la FESC-Cuautitlán de la UNAM.

Agradecimientos



- ♥ A **Dios** por haberme dado la vida, por guiarme en cada momento, por mi familia, amigos y por darme la fortaleza para alcanzar mis objetivos.
- ♥ A la **Universidad Nacional Autónoma de México** por haberme abierto las puertas y haber permitido formarme académicamente, crecer y conocer a personas extraordinarias.
- ♥ A mi segunda casa la cual recordare con mucho cariño la **Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán** por cobijarme en sus instalaciones y hacer este sueño posible.
- ♥ A mi asesor **Dr. Enrique Martínez Manrique** al cual agradezco muchísimo su apoyo, compromiso, paciencia y por haberme guiado a realizar este proyecto.
- ♥ A mi coasesora la **IA Verónica Jiménez Vera** a la cual le agradezco infinitamente su paciencia y las buenas charlas en el laboratorio mientras se desarrollaba este trabajo, porque sin usted esto no hubiera sido posible.
- ♥ A mis **sinodales** agradezco el tiempo dedicado en revisar este trabajo y que su contenido fuera mejor.
- ♥ A mi madre **Ma. Raquel Arriaga Nuñez** por cada día impulsarme a ser una mejor persona, gracias por enseñarme a trabajar duro y conseguir lo que quiero, por todo el cariño, apoyo incondicional y por haberme formado como una mujer de bien, te amo.
- ♥ A mi padre **Marcos Torres Noguez †** el cual me guía desde el cielo, agradezco infinitamente todos los sacrificios que realizo para darme una educación y por todo el amor incondicional que me brindo, te amo.
- ♥ A mi hermano **Eduardo Torres Arriaga** por todo el apoyo brindado, porque sin ti la universidad no hubiera sido posible, gracias infinitas por haberme forjado un mejor futuro, sé que la vida te lo recompensara.

- ♥ A mi hermano **Mauricio Torres Arriaga** por haberme guiado desde el principio, hasta el final de la carrera, gracias infinitas por darme ánimos y no dejarme caer en los malos momentos.
- ♥ A mis hermanas **Jessica y Laura** por su apoyo, cariño y comprensión durante este largo trayecto. Gracias por estar siempre cuando las necesito, las quiero.
- ♥ A mis compañeras y amigas de laboratorio **Sahi, Arly, Fabiola, Maribel, Bet-el y Liz** por el apoyo, las buenas charlas y aventuras, las extrañaré.
- ♥ A mis amig@s **Itzel, Melissa, Nicole, Dennise, Mariana, Hanna, Cynthia y Francisco** agradezco infinitamente todo el cariño y amistad brindada durante este gran recorrido porque sé que sin su apoyo y amistad hoy no estaría aquí, los extraño demasiado.
- ♥ A mi novio **Luis Javier** por todo el cariño, comprensión y apoyo incondicional en cada momento, te amo.
- ♥ A **DESARROLLO QUÍMICO SADASPI** por darme la oportunidad de iniciar con mi vida profesional, por todo el apoyo y el excelente trato, en especial a la ingeniera Yetnalezzy.

Agradezco infinitamente a todos mis profesores, familia y amigos que se han cruzado en mi camino y me han hecho ser una persona de bien, porque estoy segura de que hoy no estaría en este lugar si no hubiera sido por su apoyo incondicional.

Con cariño Ana Cristina Torres Arriaga.

Por mi raza hablará el espíritu.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Maíz	3
1.1.1 Generalidades	4
1.1.2 Aspectos botánicos.....	4
1.1.3 Composición química.....	5
1.1.4 Producción en México.....	8
1.1.5 Productos derivados	10
1.2 Botanas	11
1.2.1 Tipos de botanas	11
1.2.2 Proceso de elaboración de botanas nixtamalizadas.....	13
1.2.3 Consumo de botanas.....	14
1.2.4 Principales problemas de alimentación del consumo de botanas.....	15
1.3 Garbanzo	17
1.3.1 Generalidades	17
1.3.2 Aspectos botánicos y químicos.....	19
1.3.3 Composición química de la harina de garbanzo.....	21
1.3.4 Compuestos antinutrimientales del Garbanzo.....	21
1.3.5 Propiedades de la harina de garbanzo.....	22
1.3.6 Producción de garbanzo en México	23
1.4 Complementación de maíz y garbanzo	24
2. METODOLOGÍA.....	25
2.1 Objetivos	25
2.1.1 General.....	25
2.1.2 Particulares.....	25
2.2 Cuadro metodológico	26
2.3 Materiales y métodos	27
2.3.1. Tratamiento de la materia prima	27
2.3.2 Formulaciones y condiciones de proceso.....	27
2.3.3 Diagrama de proceso.....	28

2.3.4 Descripción de proceso.....	29
2.4 Análisis Químico Proximal.....	31
2.4.1 Determinación de humedad.....	31
2.4.2 Determinación de grasa.....	32
2.4.3 Determinación de cenizas totales.....	33
2.4.4 Determinación de proteínas.....	34
2.4.5 Determinación de fibra cruda.....	35
2.4.6 Determinación de carbohidratos.....	36
2.5 Determinación de parámetros nutrimentales.....	36
2.5.1 Triptófano (cuantificación).....	36
2.5.2 Digestibilidad in vitro.....	37
2.5.3 Almidón Total.....	37
2.5.4 Almidón Digerible.....	38
2.5.5 Digestibilidad <i>in vivo</i>	39
2.5.6 Relación de eficiencia proteica.....	39
2.6 Compuestos antinutrimientales.....	41
2.6.1 Taninos.....	41
2.6.2 Inhibidores de tripsina.....	42
2.6.3 Ácido fítico.....	43
2.7 Compuestos funcionales.....	44
2.7.1 Fibra Dietética.....	44
2.7.2 Capacidad Antioxidante.....	45
2.7.3 Compuestos Fenólicos.....	46
2.7.4 Almidón Resistente.....	47
2.8 Evaluación sensorial.....	48
2.8.1 Prueba de preferencia.....	48
2.8.2 Prueba de nivel de agrado.....	48
2.8.3 Prueba de resistencia mecánica.....	49
2.9 Análisis Estadístico.....	49
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
3.1 Análisis Químico Proximal de la materia prima.....	50
3.2 Evaluación de la calidad nutrimental de la materia prima.....	51
3.3 Evaluación de factores antinutrimientales.....	52

3.4 Evaluación de la materia prima como alimento funcional	53
3.5 Evaluación sensorial (Prueba de preferencia)	54
3.6 Prueba de resistencia mecánica.....	54
3.7 Análisis Químico Proximal de la botana control y la seleccionada	55
3.8 Análisis de calidad nutrimental de la botana control y la seleccionada	56
3.9 Relación de eficiencia proteica (PER) y Digestibilidad <i>in vivo</i>	58
3.10 Evaluación de factores antinutrimientales	59
3.11 Evaluación de la botana como alimento funcional	60
3.12 Evaluación sensorial (Prueba de nivel de agrado).....	61
4. CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dios del maíz.	3
Figura 2. Estructura del grano.	5
Figura 3. Producción nacional del maíz.	9
Figura 4. a) Aceite de maíz b) Harina de maíz nixtamalizada c) Palomitas d) Botanas e) Cereales f) Goma de mascar g) Caramelos de maíz h) Fécula de maíz i) Gelatina	10
Figura 5. Palomitas.	12
Figura 6. Botanas extruidas.	12
Figura 7. Productos nixtamalizados	13
Figura 8. Consumo de Botanas en México.	15
Figura 9. Garbanzo.	18
Figura 10. Garbanzo tipo Kabuli.	18
Figura 11. Garbanzo tipo Desi.	19
Figura 12. a) Planta de garbanzo b) Vaina de garbanzo.	19
Figura 13. Producción de garbanzo en el país.	24
Figura 14. Cuadro metodológico	26
Figura 15. a) Molino manual y b) Molino de café.	27
Figura 16. Diagrama de proceso de elaboración de botana “tipo tostito”	28
Figura 17. Pesado de ingredientes en balanza digital manual.	29
Figura 18. Mezclado de ingredientes sólidos	29
Figura 19. Amasado.	29
Figura 20. Reposo de la masa	29
Figura 21. Laminado de botana en prensa.	30
Figura 22. Acondicionamiento.	30
Figura 23. Refrigerador Ojeda.	30
Figura 24. Horno Robot Cool	30
Figura 25. Estufa para la determinación de humedad.	31
Figura 26. Equipo Soxhlet para extracción de grasas.	32
Figura 27. a) Incineración en Crisol y b) Mufla Sybron.	33
Figura 28. a) Digestión de muestras y b) Equipo de destilación micro. Kjeldahl	34
Figura 29. a) Hidrólisis de muestra y b) Filtrado en embudo Buchner.	35
Figura 30. Espectrofotómetro.	36

Figura 31. Equipo para determinación de digestibilidad <i>in vitro</i>	37
Figura 32. Determinación de almidón total.	38
Figura 33. Determinación de nitrógeno total por micro Kjeldahl.	39
Figura 34. Rata Wistar.	40
Figura 35. Determinación de taninos.....	41
Figura 36. Determinación de inhibidores de tripsina.....	42
Figura 37. Determinación de ácido fítico.	43
Figura 38. a) Hidrólisis y b) Filtración.	45
Figura 39. Determinación de capacidad antioxidante.....	46
Figura 40. Determinación de compuestos fenólicos.	46
Figura 41. Determinación de almidón resistente.	47
Figura 42. Prueba de preferencia.....	48
Figura 43. Prueba de nivel de agrado	49
Figura 44. Prueba de resistencia	49
Figura 45. Botana tipo tostitos.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición química proximal del grano de maíz	6
Tabla 2. Producción de maíz	9
Tabla 3. Función de ingredientes	14
Tabla 4. Composición química del garbanzo tipo Desi y Kabuli.....	20
Tabla 5. Composición química de la harina de garbanzo	21
Tabla 6. Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana	28
Tabla 7. Descripción del proceso para la elaboración de la botana tipo “Tostito”	29
Tabla 8. Formulaciones propuestas.....	48
Tabla 9. Análisis químico proximal de las harinas de garbanzo y de maíz (Maseca®)	51
Tabla 10. Calidad nutrimental de las harinas de garbanzo y de maíz (Maseca®).....	52
Tabla 11. Factores antinutrimientales de la harina de maíz y garbanzo	52
Tabla 12. Evaluación de las botanas, la de maíz y la de garbanzo con maíz como alimento funcional.....	53
Tabla 13. Resultados de evaluación sensorial de las botanas propuestas	54
Tabla 14. Prueba de resistencia de las botanas propuestas adicionadas con harina de garbanzo.....	55
Tabla 15. Análisis químico proximal de la botana control y seleccionada	56
Tabla 16. Análisis de calidad nutrimental de la botana control y la seleccionada.....	57
Tabla 17. Pesos e imágenes de hígados y músculos de botana control y seleccionada..	58
Tabla 18. Relación de eficiencia proteica (PER), PER ajustado y digestibilidad in vivo de la botana control y la seleccionada	59
Tabla 19. Factores antinutrimientales de la botana control y seleccionada	60
Tabla 20. Evaluación de las botanas como alimento funcional.....	61
Tabla 21. Resultados de la evaluación sensorial	61

Resumen

El consumo excesivo de alimentos altamente calóricos en México, entre ellos las botanas, aunado a otros factores, ha contribuido al desarrollo de obesidad y sobrepeso y al incremento de enfermedades crónicas no transmisibles. Las botanas son uno de los alimentos preferidos por consumidores mexicanos, debido a su sabor, textura, disponibilidad y precio. Pero las preocupaciones por la obesidad y trastornos de salud han llevado a los consumidores a buscar opciones de botanas más saludables, incluyendo aquellas bajas en calorías y grasas, fortificadas con vitaminas, orgánicas y ricas en fibra (Tas, 2021).

Con base en lo anterior en el presente trabajo se desarrollaron botanas horneadas con harina de maíz nixtamalizado y sólidos granulares de garbanzo, para complementar y mejorar su calidad nutrimental y funcional.

Primero se realizó una caracterización de las materias primas (harina de maíz nixtamalizada y sólidos granulares de garbanzo crudo), mediante un análisis químico proximal, pruebas nutrimentales (triptófano, digestibilidad in vitro, almidón total y almidón digerible), funcionales (compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, almidón resistente y fibra dietética) y antinutrimientales (taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico), y se encontró que los sólidos granulares de garbanzo podrían complementar a la harina de maíz pues tiene mayor contenido de proteína, fibra total, fenoles, capacidad antioxidante y fibra dietética.

Posteriormente, se evaluaron tres formulaciones para elaborar la botana (50 % harina de maíz-50 % sólidos granulares de garbanzo, 30 % harina de maíz-70 % sólidos granulares de garbanzo y 10 % harina de maíz y 90 % sólidos granulares de garbanzo) mediante una prueba sensorial de preferencia para seleccionar a la mejor, la cual fue la formulación con 70 % de sólidos granulares de garbanzo-30 % harina de maíz. El tostito seleccionado elaborado con garbanzo se comparó con un tostito control (100 % maíz) mediante pruebas químicas, nutrimentales, funcionales y antinutrimientales mencionadas antes en este texto; los resultados mostraron que el tostito seleccionado presentó mejor calidad nutrimental y funcional que el control. Finalmente, se realizó una prueba sensorial de nivel de agrado a la botana elaborada con la formulación seleccionada, y los jueces no entrenados que realizaron la prueba le dieron una calificación de 7.5 en una escala del 1 al 10 y una aceptación del 77 %. Concluyéndose que la botana horneada elaborada con garbanzo tuvo una mejor calidad nutrimental y funcional que la de maíz y tuvo una buena aceptación por parte del consumidor para un nuevo producto.

Palabras clave: *Antinutritional, botanas, funcional, garbanzo, maíz, nutrimental*

INTRODUCCIÓN

Las botanas o snacks son alimentos consumidos tradicionalmente entre comidas o bien en reuniones sociales a manera de satisfacer el apetito. En México la mayoría de las botanas comerciales y de mayor consumo son elaboradas a base de harinas de maíz nixtamalizado o de trigo, agua, sal y aceite vegetal. Esto implica ser un producto con bajas propiedades nutrimentales, por tener una gran cantidad de carbohidratos proporcionados por los cereales, un alto contenido de grasa absorbida durante su elaboración y por lo tanto un alto contenido calórico; además de contar con una cantidad muy escasa de fibra, proteínas, vitaminas, minerales por lo que contribuyen a problemas de obesidad e hipertensión (Fernández-Ibarra *et al.*, 2018; Castro, 2019).

Pero las botanas son ampliamente consumidas y no son exclusivas de una clase social y están enfocadas a todas las edades. Durante el año 2020 el consumo anual per cápita de botanas en México alcanzó aproximadamente 7.8 kg en donde las frituras de maíz ocuparon el primer lugar en ventas. Las frituras son parte del día a día de muchas personas que gustan saborearlas mientras caminan, están frente al televisor, en el cine o simplemente mientras trabajan frente a la computadora. De acuerdo con datos del reporte “Industria de Botanas 2021” los mexicanos prefieren botanas de maíz un 23.2 % seguido de las papas fritas con un 22.2 % (Goula, 2021).

El consumo excesivo de este tipo de alimentos aunado a un bajo consumo de frutas y hortalizas está relacionado con la obesidad; que actualmente es considerada un problema de salud pública grave debido a que las personas obesas son más propensas a padecer enfermedades crónicas no transmisibles, tales como diabetes y enfermedades cardiovasculares (Rodríguez, 2017).

Además, los niños y jóvenes presentan una preferencia evidente hacia las botanas. En estas etapas de la vida, la cantidad y calidad nutricional de la proteína son particularmente importantes debido a su esencial función en el desarrollo físico y mental. Esta situación, aunado a la demanda de los consumidores por productos nutritivos, convenientes y con sabores agradables, el tener botanas que satisfagan sus necesidades se ha convertido en un problema a resolver para la industria de alimentos (INEGI, 2019).

Una propuesta es elaborar productos con mezcla de granos o harinas de cereales y legumbres, los cuales podrían ser alternativas más saludables para ayudar a prevenir la obesidad y sobrepeso y en consecuencia enfermedades no transmisibles como la cardiopatía coronaria, la diabetes, el síndrome metabólico. Además, los

snacks extruidos a base de legumbres pueden ser una alternativa adecuada para personas con intolerancia al gluten (Tas, 2021).

El maíz es uno de los principales cereales usados en la elaboración de botanas, es rico en carbohidratos no digeribles los cuales son reconocidos por sus beneficios a la salud como producir una mayor sensación de saciedad, la absorción de glucosa de manera gradual, disminución de colesterol y su capacidad de mejorar el microbiota intestinal. Sin embargo, durante el procesamiento de refinación de la harina de maíz para la elaboración de botanas comerciales, se elimina el pericarpio del grano de maíz, la cual, es la parte estructural que contiene la mayor parte de fibra dietética (Fernández-Ibarra *et al.* 2018).

Las legumbres contienen fuentes importantes de proteína vegetal y otros nutrientes que son muy beneficiosas en la dieta de las personas y se consideran una fuente económica de proteína y energía. Varios investigadores han estudiado el uso potencial de las legumbres como agentes enriquecedores de proteínas de los productos horneados, principalmente en forma de harinas con alto contenido de proteínas. Entre los productos de proteína de legumbres probados se encuentran varias preparaciones de proteína de soya, harina de garbanzo, harina de garbanzo germinada y harina de chícharo germinada (FAO, 2016).

Una legumbre importante es el garbanzo, grano que podría ser usado en la elaboración de botanas porque es una buena fuente de proteínas y carbohidratos; además, posee importantes cantidades de vitaminas (E, tiamina, niacina y folatos), minerales (Ca, P, Fe, Mg, K) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico) y es importante su contenido de fibra (soluble e insoluble) (Hernández, 2021).

Debido a lo anterior se elaboró una botana de maíz con sólidos de garbanzo tipo tostito horneada, que disminuya el impacto de la salud de los consumidores, es decir que sea un alimento funcional, mejorando la calidad proteica, aumentando la cantidad de proteína y fibra y disminuyendo el contenido de grasa.

1. ANTECEDENTES

1.1 Maíz

Los cereales, cuyo nombre deriva de “Ceres” diosa romana de la alimentación, constituyen un conjunto de plantas, donde sus semillas son el alimento que contribuye con el aporte energético y otros nutrientes para el organismo; por eso los cereales han sido, son y seguirán siendo el principal sustento del hombre.

Los cereales son la base de la dieta en México y en la mayor parte del mundo, y su consumo generalmente requiere de importantes procesos, muchos de los cuales son muy antiguos, a la vez que tecnológicamente extraordinarios y vigentes, como la panificación, la nixtamalización y el malteo (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2013).

Los cereales constituyen una importante fuente de alimentación de los seres vivos. Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son: Maíz, trigo, cebada, centeno, avena, arroz, sorgo y mijo (Espinoza, 2018).

Dentro de los cereales de mayor consumo en México, se encuentra el maíz, el cuál ocupó el primer lugar en producción durante el año 2021, con 22 millones de toneladas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).



El maíz ha sido alimento, moneda y religión para el pueblo de México, (Dios del maíz, Figura 1). *Zea mays*, significa “grano que proporciona la vida”. Es la planta más domesticada y evolucionada del reino vegetal (Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2013).

El maíz es un cereal nativo de América, cuyo centro original de domesticación fue Mesoamérica, desde donde se difundió hacia todo el continente.

Figura 1. Dios del maíz.

Fuente: SIAP, 2019.

Las más antiguas civilizaciones de América, desde los olmecas y teotihuacanos en Mesoamérica, hasta los incas y quechuas en la región andina de Sudamérica, estuvieron acompañadas en su desarrollo por esta planta (Hernot *et al.*, 2008).

En México, los Nahuas lo denominaron centli (al maíz) o tlaolli (al grano). El maíz es un alimento asociado a varios siglos de nuestra historia nacional. En México el maíz forma parte de la alimentación diaria, gran parte de las actividades individuales y sociales de sus habitantes dependen de esta planta (Secretaría de bienestar, 2019).

1.1.1 Generalidades

Independientemente de su uso industrial, el maíz constituye un componente importante de la vida de los pueblos de América.

Por ser el sustento de la dieta alimenticia de los pueblos indígenas y mestizos de nuestro continente, este cultivo ha dado lugar a una serie de sistemas agrícolas muy variados (Guzmán, 2013).

En los países industrializados, el maíz se utiliza principalmente como forraje, materia prima para la producción de alimentos procesados y recientemente, para la producción de etanol. Por el contrario, en algunos países de América Latina y, cada vez más en países africanos, un gran porcentaje del maíz que se produce o importa se destina al consumo humano (Hernot *et al.*, 2008).

El maíz es el cultivo más representativo de México por su importancia económica, social y cultural, con un consumo promedio per cápita al año de 346.5 kg de maíz blanco, especialmente en tortillas, representa 20.9 % del gasto total en alimentos, durante el año 2021 se produjeron más de 20 millones de toneladas de este cereal (Statista, 2023).

1.1.2 Aspectos botánicos

El maíz (*Zea mays*) pertenece a la familia de las gramíneas y es una planta dotada de un amplio sistema radicular fibroso. Es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado (Astiasarán y Martínez, 2003).

Su clasificación taxonómica está bien estudiada (Sánchez, 2014).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Angiosperma

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Tribu: Andropogoneae
Género: Zea
Especie: Zea mays.

Se trata de una planta anual de gran desarrollo vegetativo que puede alcanzar 4 m de altura cuyo tallo lleva de 12 a 20 hojas de limbo bien desarrollado (30 a 50 cm de longitud; 4 a 10 cm de ancho).

El maíz se adapta muy bien a todos tipos de suelo, pero suelos con pH entre 6 a 7 son a los que mejor se adaptan. También requiere suelos profundos, ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje para no producir encharques que originen asfixia radicular (CONACYT, 2019).

Debido a su excelente capacidad para adaptarse a diversos ambientes, es capaz de desarrollarse tanto en latitudes altas que varían desde el ecuador ligeramente a 50° al norte y sur, así como también a nivel del mar y hasta 3000 metros de altura, bajo condiciones de lluvia y condiciones semiáridas, en climas frescos y calientes y con ciclos de cultivo que van desde 3 a 13 meses (Amador, 2015).

1.1.3 Composición química

El grano de maíz se denomina en botánica cariósipide o cariopsis; cada grano tiene el revestimiento de la semilla, o cubierta seminal, y la semilla (Hernot *et al.*, 2008). El grano consta de tres partes principales (Figura 2):

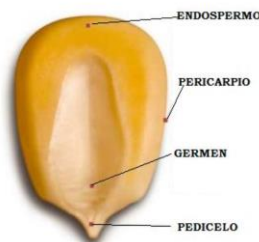


Figura 2. Estructura del grano.

Fuente: Martínez-Manrique y Jiménez-Vera, 2013.

Endospermo: En donde se concentra el almidón, proteínas y vitamina B, reserva energética, representa el 80-84 % del peso del grano.

Germen: Se concentran proteínas, lípidos, carbohidratos solubles, minerales, antioxidantes y Fitonutrientes.

Pericarpio o cascarrilla: Se concentran carbohidratos no digeribles e insolubles, representa del 5 % al 6 % del peso del grano.

Cada una de las partes anatómicas tiene constituyentes químicos en diferentes proporciones (Tabla 1).

Las partes principales del grano de maíz difieren considerablemente en su composición química. La cubierta seminal o pericarpio se caracteriza por un elevado contenido de fibra cruda, aproximadamente el 87 %, la que a su vez está formada fundamentalmente por hemicelulosa (67 %), celulosa (23 %) y lignina (0,1 %) (FAO,1993).

El endospermo, en cambio, contiene un nivel elevado de almidón (87 %), aproximadamente 8 por ciento de proteínas y un contenido de grasas crudas relativamente bajo.

Por último, el germen se caracteriza por un elevado contenido de grasas crudas, el 33 por ciento por término medio, y contiene también un nivel relativamente elevado de proteínas (próximo al 20 %) y minerales.

Tabla 1. Composición química proximal del grano de maíz

Componente químico (%)	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3.7	8	18.4
Almidón	7.3	87.6	8.3
Fibra cruda	86.7	2.7	8.8
Extracto etéreo	1	0.8	33.2
Cenizas	0.8	0.3	10.5
Azúcar	0.34	0.62	10.8

Fuente: FAO, 1993

Debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, no sólo se le puede considerar una fuente de energía, sino que además suministra proteínas.

La información de que se dispone sobre la composición química general del maíz es abundante y permite conocer que la variabilidad de cada uno de sus principales nutrientes es muy amplia.

El grano de maíz se compone de (FAO, 2022):

- Almidón: El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 72-73 % del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 3 por ciento del grano. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, que constituye hasta el 25-30 % del almidón. El polímero amilopectina también consiste en unidades de glucosa, pero en forma ramificada y constituye hasta el 70-75 % del almidón.
- Proteínas: Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano por orden de importancia. En las variedades comunes, el contenido de proteínas puede oscilar entre el 8 y el 11 % del peso del grano, y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 8 % del total de nitrógeno, con proporciones del 7 %, 5 % y 6 %, respectivamente.
- Lípidos: El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen y viene determinado genéticamente, con valores que van del 3 al 18 %. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11 % y el 2 %, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24 %. Sólo se han encontrado cantidades reducidas de ácidos linolénico y araquidónico. Además, el aceite de maíz es relativamente estable, por contener únicamente pequeñas cantidades de ácido linolénico (0,7 %) y niveles elevados de antioxidantes naturales. El aceite de maíz goza de gran reputación a causa de la distribución de sus ácidos grasos, fundamentalmente ácidos oleico y linoleico. A ese respecto, quienes consumen maíz desgerminado obtienen menos aceite y ácidos grasos que quienes consumen el grano entero.

El maíz tiene un valor nutritivo inferior al del trigo, particularmente por contener escasa niacina y por tener una riqueza proteica relativamente baja ya que, además de ser deficiente en lisina como la proteína de trigo, lo es también en triptófano, pero tienen cantidades considerables de aminoácidos que contienen azufre (metionina y cisteína). El triptófano es el principal aminoácido limitante de las proteínas del maíz (Rodríguez, 2018).

Además de los principales componentes químicos del maíz, se encuentran cantidades menores de: fibra cruda, azúcares, minerales y otros componentes orgánicos como son las vitaminas.

Fibra dietética: Diferentes polisacáridos juegan un papel importante en la estructura del grano de maíz. Estos pueden ser clasificados como sustancias pécticas, hemicelulosa y celulosa. Desde el punto de vista de ingestión humana, los componentes de pared celular más importantes son el pericarpio y el pedicelo, los cuales son fuentes importantes de fibra dietética

Vitaminas: Además de la vitamina A el maíz contiene vitamina E y algunas vitaminas hidrosolubles: tiamina, piridoxina y niacina. La niacina se encuentra en elevadas concentraciones (28 mg/kg) aunque esta se encuentra enlazada, de tal forma que se encuentra indisponible para los monogástricos. Sin embargo, el tratamiento alcalino la hace disponible.

En el maíz al igual que otros cereales los niveles de calcio, fósforo, potasio y magnesio son bajos. La mayor parte de los minerales se encuentran concentrados en el germen, representando el 78 % total del grano. El elemento inorgánico más abundante es el fósforo, el cual se encuentra presente en 0.29 % del grano seco; del cuál más del 80 % se encuentra almacenado como sal fósforo - magnesio del ácido fítico y es liberado por la enzima fitasa, cuando se lleva a cabo el desarrollo embrionario. Otros elementos constituyentes son el potasio (0.37 % del grano seco) y el azufre (en forma orgánica como el componente de los aminoácidos azufrados metionina y cisteína), además es una fuente importante de selenio (FAO, 1993).

1.1.4 Producción en México

El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje para animales, almidones, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para las bebidas o como insumo en la producción de biocombustibles, etc. En México se encuentran diferentes variedades las cuales se emplean para la elaboración de diferentes productos (Moctezuma-López *et al.*, 2010).

Durante el año 2021 la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SIAP) reporto los 5 estados productores de maíz (Figura 3).

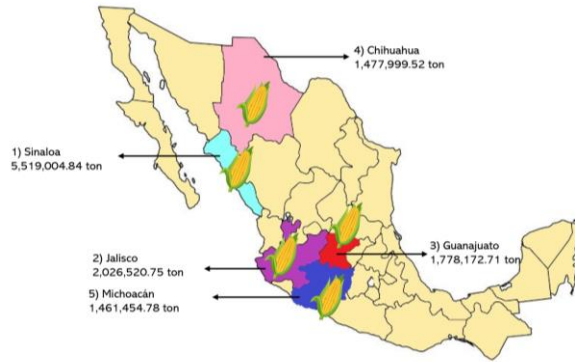


Figura 3. Producción nacional del maíz.

Fuente: SIAP, 2022.

En el año agrícola 2021, la producción de maíz grano totalizó 22 millones 004 mil 274 toneladas, lo que significó un aumento de 119 103 ton en comparación con las 21 millones 885 mil 170 toneladas de un año atrás (2020) (SIAP, 2022).

En la Tabla 2 se presenta la producción de maíz obtenida durante los últimos 5 años.

Tabla 2. Producción de maíz

Año de cosecha	Entidad	Producción (ton)	Producción anual (ton)
2018	Sinaloa	5,642,221.08	21,185,002.65
	Jalisco	1,684,768.97	
	México	1,525,800.37	
2019	Sinaloa	6,339,442.11	21,162,037.71
	Jalisco	1,955,392.32	
	Guanajuato	1,471,217.19	
2020	Sinaloa	6,262,778.72	21,885,170.16
	Jalisco	2,128,284.09	
	Guanajuato	1,556,131.39	
2021	Sinaloa	5,519,004.84	22,004,274.15
	Jalisco	2,026,520.75	
	Guanajuato	1,778,172.71	

Fuente: SIAP, 2022

1.1.5 Productos derivados

Desde la época prehispánica el alimento más representativo de la comida e identidad mexicana ha sido el maíz; hasta el mismo Octavio Paz cita “el invento del maíz por los mexicanos, sólo es comparable con el invento del fuego por el hombre”. Su utilidad en la cocina varía desde lo dulce a lo salado, para la gastronomía mexicana, debido a que es un cereal muy versátil. El uso más común es en 10 alimentos en los que destacan aceite de maíz, harina de maíz (usada para la elaboración de panes y tortillas), palomitas de maíz, snacks salados, cereal, jarabe de maíz, goma de mascar, caramelos, fécula de maíz, gelatina y productos dietéticos (Figura 4) (Agricultura, 2019).



Figura 4. a) Aceite de maíz b) Harina de maíz nixtamalizada c) Palomitas d) Botanas e) Cereales f) Goma de mascar g) Caramelos de maíz h) Fécula de maíz i) Gelatina
Fuente: ^a Villafaña, 2020; ^b Click abasto, 2022; ^c Curiosfera, 2022; ^d Depositphotos, 2022; ^e Alamy, 2022; ^f Depositphotos, 2022; ^g Dreamstime, 2022; ^h Cocina fácil, 2022, ⁱ Uncomo, 2022.

El uso alimenticio sitúa al maíz en el grupo de los cuatro cultivos básicos (papa, arroz y trigo) que aportan más del 50 % al sistema alimentario mundial (FAO, 2011). México no sólo es centro de diversidad de formas biológicas del maíz, también lo es de un conjunto de usos culinarios. En las diferentes regiones de México se

preparan numerosos platillos de maíz, que varían en cada región dependiendo de las tradiciones culinarias, la disponibilidad de razas nativas y los gustos personales. El uso de harina nixtamalizada presenta una gran ventaja ya que al utilizar este producto solo se requiere agregar agua a la harina para obtener la masa la cual es moldeada y cocida para obtener las tortillas. Por esto, la producción de harina se ha incrementado en los últimos años, porque su uso se ha diversificado, sobre todo en la elaboración de una gran variedad de botanas, cuyo consumo en México es elevado (García *et al.*, 2016).

1.2 Botanas

Según el PROY-NOM-216-SSA1-2002 se le considera botana a “los productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos”.

La industria de las botanas es muy variable debido en parte a los cambios en los estilos de vida de los consumidores. Por esta razón, constantemente se innovan nuevos productos para satisfacer las necesidades, teniendo un papel muy importante los ingredientes utilizados para su elaboración ya que proporcionan características nutricionales y sensoriales adecuadas para el mercado actual (The Food Tech, 2023).

1.2.1 Tipos de botanas

La industria productora de botanas de cereales es cada día más grande e importante. En general la manufactura de botanas se puede dividir en tres grandes categorías: productos enteros, productos extruidos y productos nixtamalizados. Esta última categoría se puede dividir en productos expandidos directos, productos obtenidos a través de pellets y masas formadas en el extrusor para ser posteriormente sometidos al proceso de freído o acabadas con otro tipo de proceso térmico (Gómez, 2013).

1.2.1.1 Productos enteros

Las palomitas o rosetas de maíz (Figura 5) constituyen el producto más importante de esta categoría. Las cuales a diferencia de otras botanas han recibido buena aceptación entre los nutriólogos dado su bajo contenido de aceite, alta cantidad de carbohidratos complejos y apropiado contenido de fibra dietética. Para elaborarlas se utiliza el maíz palomero de la clase “no dentada” generalmente de color amarillo y endospermo de textura vítrea. El porcentaje de humedad del grano influye en la cantidad de granos que revientan y también en su tasa de expansión.



Figura 5. Palomitas.

Fuente: Revista del consumidor, 2015.

El grano revienta cuando es calentado a 175 °C ya que el agua del grano es súper calentada convirtiéndose en vapor. La presión del vapor rompe el pericarpio y propicia la expansión, dando como resultado un producto de menos del 3 % de humedad (Serna-Saldivar, 1992).

1.2.1.2 Productos extruidos

Una gran ventaja de este proceso es que es continuo y por lo tanto tiene alta productividad, es eficiente y se caracteriza por producir materiales pasteurizados o con el mínimo de problemas microbiológicos (Figura 6). Existen dos tipos de extrusión aplicada hacia la producción de alimentos: extrusión en frío y termoplástica, siendo esta última la más popular y versátil en la que la combinación de calor y esfuerzo mecánico provocan gelatinización y dextrinización de los gránulos de almidón, desnaturalización de proteínas, inactivación de enzimas, destrucción de compuestos antinutricionales y total eliminación de cargas microbianas en el producto saliendo del extrusor (Serna-Saldivar, 1992).



Figura 6. Botanas extruidas.

Fuente: CIATEJ, 2020.

1.2.1.3 Productos nixtamalizados

La nixtamalización es el proceso en el cual los granos, generalmente de maíz, son cocidos con agua y cal (CaO) para formar nixtamal, el cual después de ser molido forma una pasta húmeda y suave llamada masa. Es la materia prima a partir de la que se pueden elaborar tortillas, tostadas, tacos, tamales y botanas (Figura 7). Básicamente existen dos tipos de botanas nixtamalizadas: las obtenidas a partir de masa (fritos) y las hechas a partir de tortillas (doritos o tostitos) (Serna-Saldívar, 1992).



Figura 7. Productos nixtamalizados.
Fuente: Oteiza (2017).

1.2.2 Proceso de elaboración de botanas nixtamalizadas

La tortilla chip, totopos o tostitos es un aperitivo elaborado a base de tortillas de harina de maíz aplastadas y fritas en aceite vegetal. Se elaboran con ingredientes muy básicos: maíz, aceite vegetal, sal y agua.

Para la producción de tortillas chip, totopos o tostitos la masa gruesa con 54 % de humedad es laminada y cortada en diferentes configuraciones (triángulos, tiras, pequeños círculos), para posteriormente introducirse en un horno. Las temperaturas del horno están controladas con el objetivo de reducir o eliminar el hinchamiento o la formación de las denominadas ampollas sobre la superficie del producto (Rodríguez, 2018).

En la Tabla 3 se describe la funcionalidad de cada ingrediente y el papel que juegan durante la elaboración de la botana.

Tabla 3. Función de ingredientes

Ingrediente	Funcionalidad
Agua	Incorpora y distribuye otros ingredientes (la temperatura del agua generalmente es ajustada a 28 °C).
Aceite vegetal	Proporciona calidad al producto final, sabor, textura, manejabilidad, interacción entre proteínas y almidones.
Sal	Sabor y formación a la masa.

Fuente: Melo, 2019

1.2.3 Consumo de botanas

Las botanas se han convertido en una parte importante de las dietas de muchos individuos. Existe un gran interés en incrementar la fibra dietética en los alimentos incluyendo botanas para conducirlos hacia un enfoque saludable.

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

Cuando en febrero del 2020 se hizo oficial que en octubre de ese mismo año los alimentos y bebidas industrializados deberían adoptar el nuevo etiquetado frontal, se supuso que el consumo de botanas disminuiría, sin embargo, de acuerdo con cifras de la firma de investigación de mercados Euromonitor International, las ventas totales de snacks en México (papas fritas, chips y palomitas de maíz, pretzels y otros bocadillos dulces y salados) alcanzaron los 3,986 millones de dólares en 2020, un 5.5 % de crecimiento en comparación con 2019 (Goula, 2021).

Durante el confinamiento alrededor del mundo en el 2020, un estudio realizado en nueve países, entre ellos México, la firma de investigación de consumo Kantar Worldpanel reportó que durante ese año las ventas de botanas fuera de casa cayeron 18 %, mientras que las compras de estos productos para consumo en el hogar aumentaron 8 %. Es decir, que mientras las ventas fuera del hogar caían (debido a los cierres de bares y restaurantes), como lo señala el estudio de Kantar, el consumo de botanas saladas y dulces se trasladó de la calle al hogar. Los mexicanos las adoptaron con más frecuencia entre comidas (Goula, 2021).

De acuerdo con datos del reporte “Industria de Botanas 2021” de la firma Seale & Associates, las botanas saladas que más se venden en México se pueden ver en la Figura 8.

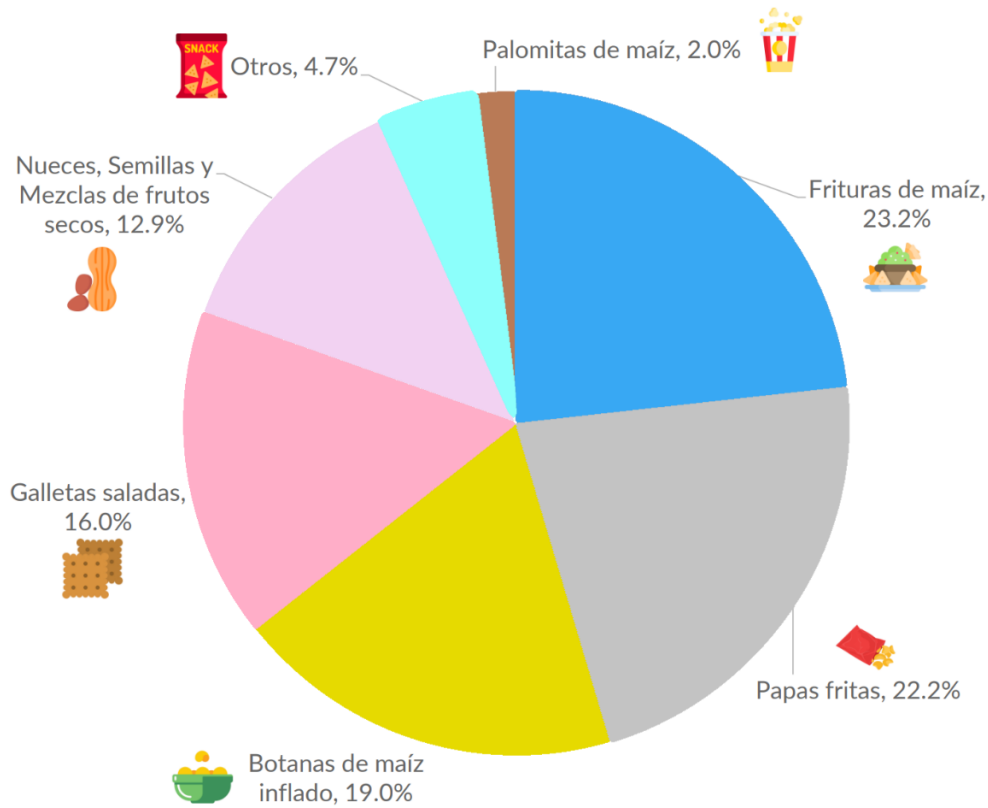


Figura 8. Consumo de Botanas en México.
Fuente: Goula, 2021.

1.2.4 Principales problemas de alimentación del consumo de botanas

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define al sobrepeso y la obesidad como una acumulación anormal o excesiva de grasa.

Existe evidencia de que esta condición es el principal factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles. En México, el sobrepeso y la obesidad se asocian con diabetes mellitus tipo dos, enfermedades cardiovasculares, trastornos del aparato locomotor (osteoartritis) y algunos tipos de cáncer (Secretaría de Salud, 2018).

Los hábitos alimenticios poco saludables y la falta de ejercicio ocasionan el 32 % de las muertes de mujeres y el 20 % de hombres en el país (Procuraduría Federal del Consumidor, 2022).

De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 13 por ciento de la población adulta en el orbe padece sobrepeso u obesidad, mientras que, en América Latina, el informe del Banco Mundial, presentado en 2020, registró que, de cada 10 personas, mayores de 20 años, 6 son obesas (Boletín UNAM, 2021).

Uno de cada 20 niñas y niños menores de 5 años y 1 de cada 3 entre los 6 y 19 años padece sobrepeso u obesidad. Esto coloca a México entre los primeros lugares en obesidad infantil a nivel mundial, problema que se presenta más a menudo en los estados del norte y en comunidades urbanas (UNICEF, 2016)

El sobrepeso y la obesidad son producto de estilos de vida poco saludables, en los que se combina una mala alimentación, generalmente rica en azúcares y/o grasas, con poca o nula actividad física. En parte, esta definición sugiere que un individuo tiene la responsabilidad absoluta sobre sus hábitos. Algunos de los factores que desarrollan la obesidad infantil en México se deben principalmente a que los niños no consumen fibra, toman poca agua y su alimentación se fundamenta en la ingesta de alimentos ricos en grasa, proteínas, así como refrescos y bebidas azucaradas en abundancia (Acevedo, 2016).

Actualmente, la mayoría de los snacks disponibles en el mercado se fabrican a partir de cereales que suelen tener un alto contenido de grasas, almidón de digestión rápida, sal y azúcares. El consumo regular de snacks extruidos a base de cereales de “alto impacto glucémico” podría estar contribuyendo al aumento de la prevalencia de la obesidad y la diabetes. Sin embargo, los productos extruidos a base de legumbres son más densos en nutrientes (es decir, contienen cantidades considerables de vitaminas y minerales e ingredientes bioactivos) y tienen menos sal y azúcar. Por lo tanto, los snacks extruidos a base de legumbres podrían ser alternativas más saludables para ayudar a prevenir enfermedades no transmisibles como la cardiopatía coronaria, la diabetes, el síndrome metabólico, etcétera (Tas, 2021).

Otra estrategia complementaria es el desarrollar alimentos con mejor calidad nutrimental. Un ejemplo son las botanas, que son de alto consumo por niños y adultos, las cuales poseen un alto contenido en grasa, sal y carbohidratos, lo que los hace un producto poco recomendable para la salud (Acevedo, 2016).

Resultados de estudios anteriores han indicado que existe una complementación proteica entre las proteínas de los cereales, deficientes en lisina y las proteínas de las legumbres del grano de alto contenido de este aminoácido, pero deficiente en

aminoácidos azufrados. Esta complementación ocurre cuando el cereal proporciona el 70 % de la proteína y la legumbre aporta el 30 %.

Las legumbres, son alimentos que contienen alrededor del 23 % de proteína, la cual presenta una fuente buena del aminoácido lisina, pero es sumamente deficiente en aminoácidos azufrados.

La proteína del maíz complementa eficientemente las proteínas de legumbres de grano (frijol, soya, garbanzo, chícharo, etc.) cuando se mezclan en una proporción alrededor del punto 70 cereal / 30 legumbres. La calidad proteica de esta mezcla es superior a la del cereal y al de la legumbre (Bressani, 2008).

Una de las legumbres poco valoradas y estudiadas es el garbanzo, en México el consumo anual per cápita de frijol es de 10.8 kg, mientras que el de garbanzo se ha calculado en 0.8 kg, cuando en total se deberían consumir alrededor de 25 kg.

La elevada cantidad de proteína, fibra, hierro, ácido fólico y potasio; su bajo contenido en grasa, sodio e índice glicémico (la elevación de la glucosa en la sangre por el consumo de un alimento que contiene carbohidratos fácilmente digeribles); así como la ausencia de colesterol y gluten, hacen de las leguminosas una excelente opción alimenticia para todos (CONACYT, 2019)

1.3 Garbanzo

El garbanzo (*Cicer arietinum L.*) es originario de la región sur del Cáucaso y del norte de Persia, principalmente, el territorio que ocupa actualmente Irán. De allí se extendió a Europa, especialmente por la región mediterránea, y África, fundamentalmente Etiopía, que fue su centro de diversificación secundaria. Es una de las principales fuentes de alimentación humana y animal y se sitúa en la lista de legumbres más cultivadas del mundo, después de la soya (*Glycine max*), el haba (*Vicia faba*), los frijoles (*Phaseolus vulgaris*) y los chícharos o guisantes (*Pisum sativum*) (Echeverría *et al.*, 2019).

1.3.1 Generalidades

Existen cerca de 44 pequeñas especies de garbanzo las cuales varían de acuerdo con su ubicación geográfica sin embargo la principal, de mayor producción y consumo es el género *Cicer L.* (Leguminosae, Ciserieae) que es miembro de la tribu monogenética *Cicereae Alef.*, subfamilia *Papilionoideae*, familia *Leguminosae* (Figura 9).



Figura 9. Garbanzo.
Fuente. SIAP, 2016.

Su taxonomía es:

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Fabales
Familia: Fabaceae
Tribu: Cicereae
Género: Cicer
Especie: *Cicer arietinum*

El garbanzo puede ser clasificado en dos tipos básicos, desi y kabuli que corresponden fundamentalmente a diferencias en el tamaño, forma y coloración de las semillas. La mayor parte del garbanzo que se produce en México es del tipo kabuli, el cual es destinado en su mayoría a exportación y al consumo humano y el tipo Desi se destina al consumo forrajero (Clemente, 1998).

El tipo Kabuli: caracterizado por tener granos gruesos, más o menos redondeado y de color crema pálido (Figura 10) (Nadal *et al.*, 2004).



Figura 10. Garbanzo tipo Kabuli.
Fuente: Dreamstime, 2022.

El tipo Desi: caracterizado por tener granos pequeños, de formas angulares y con coloración variada. Este es tal vez la variedad más antigua que se asemeja a las semillas halladas por los arqueólogos como antecesoras de los garbanzos domesticados o *Cicer reticulatum*, que crecen al sureste de Turquía, donde probablemente se originaron (Figura 11).



Figura 11. Garbanzo tipo Desi.
Fuente: Alibaba, 2022.

1.3.2 Aspectos botánicos y químicos

El garbanzo se trata de una planta herbácea (Figura 12 a), de aproximadamente 50 cm de altura, con flores blancas o violetas que desarrollan una vaina en cuyo interior se encontrarán dos o tres semillas como máximo (Figura 12 b). Su periodicidad es anual.

La calidad nutricional de las semillas puede variar según el medio ambiente, el clima, nutrición del suelo, biología del suelo y prácticas agronómicas (Fideicomiso de Riesgo Compartido, 2018).

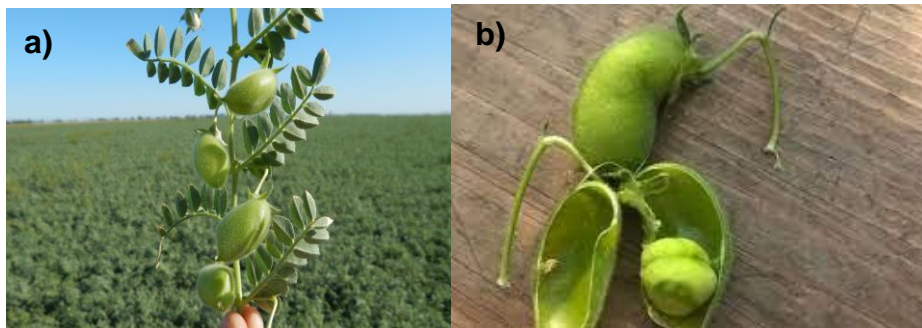


Figura 12. a) Planta de garbanzo b) Vaina de garbanzo.
Fuente: SIAP, 2016.

Esta leguminosa es de una gran riqueza en cuanto aportes nutritivos. Dependiendo la variedad el contenido nutrimental es diferente. En general una ración de 100 g de garbanzos crudos contiene aproximadamente: 19 g de proteína, 55 g de carbohidratos y 2 g de grasa.

Supera en contenido proteico al huevo y a la leche, e iguala casi a la carne. Previene el estreñimiento por su alto contenido de fibra y dado su contenido de hierro combate efectivamente la anemia, por esto y más, es que se está fomentando su cultivo y consumo en México, pues resulta más barato y es nutritivo (SIAP, 2017).

La concentración de proteína de la semilla de garbanzo varía de 16.7 % a 30.6 % y 12.6 % al 29 % para los tipos Desi y Kabuli respectivamente, y comúnmente es de 2 a 3 veces más alto que los cereales. Los carbohidratos son el principal componente nutricional del garbanzo, con un 51-65 % en el tipo Desi y 54-71 % en el tipo Kabuli (Tabla 4) (Wood y Grusak, 2007).

Tabla 4. Composición química del garbanzo tipo Desi y Kabuli

Parámetro	Desi		Kabuli	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Proteína	16.7 %	30.57 %	12.6 %	29 %
Cenizas	2.04 %	4.2 %	2 %	3.9 %
Lípidos	2.9 %	7.42 %	3.4 %	8.83 %
Fibra	3.7 %	13 %	1.17 %	4.95 %
CHO's	50.64 %	64.9 %	1.17 %	4.95 %

Fuente: Wood y Grusak, 2007.

Carbohidratos: son el principal componente nutricional del garbanzo. Los monosacáridos más comunes en las semillas de garbanzo son glucosa (0.7 %), fructosa (0.25 %), ribosa (0.1 %) y galactosa (0.05 %).

Almidón: el contenido de polisacáridos en el garbanzo varía entre 37.5 a 50.8 % siendo mayor en el garbanzo tipo kabuli que el tipo desi. El almidón del garbanzo 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.

Proteínas: los garbanzos poseen un alto contenido de proteína. La proteína de las legumbres contiene Lisina, un aminoácido esencial que se encuentra limitante en cereales, los aminoácidos limitantes son los que se encuentran en muy bajas cantidades por lo que no forman parte en la síntesis de proteínas. De tal forma que cuando se combinan cereales con legumbres se obtiene una proteína completa y de calidad. El consumo de garbanzo es limitado, aunque su contenido de esenciales y ácidos grasos insaturados son de importancia nutricional (Jukanti, 2012).

Lípidos: el garbanzo presenta mayor contenido de grasa que otras legumbres. El contenido total de lípidos en el garbanzo comprende principalmente ácidos grasos poliinsaturados, ácidos grasos monoinsaturados y grasas saturadas.

Minerales: entre los minerales es fuente de calcio y posee alto contenido de hierro, magnesio, potasio y fosforo.

Vitaminas: destacan la vitamina E, tiamina, niacina y ácido fólico.

Fibra: también es importante su contenido, ya sea soluble e insoluble, lo que favorece el tránsito intestinal y ayuda a combatir el estreñimiento.

1.3.3 Composición química de la harina de garbanzo

El garbanzo, al ser una fuente rica de nutrientes, ha mostrado beneficios para la salud, por lo que, se ha incluido en una variedad de productos desarrollados como panes, bizcochos, muffin, galletas, pasta, alimentos para bebés, bocadillos, espaguetis, postres lácteos y otros alimentos (Manickavasagan y Thirunathan, 2020).

En la Tabla 5 se presenta la composición química de la harina de garbanzo crudo.

Tabla 5. Composición química de la harina de garbanzo

Contenido (%)						
Harina de garbanzo crudo	Humedad	Proteína	Lípidos	Fibra	CHO's	Cenizas
	8.62	22.62	7.81	3.39	54.42	3.14

Fuente: Ponce *et al.*, 2017.

1.3.4 Compuestos antinutrientales del Garbanzo

El garbanzo al igual que otras legumbres contienen diversas sustancias que afectan su calidad nutricional. El garbanzo tiene concentraciones bajas de componentes antinutritivos como saponinas, taninos, inhibidores de proteasas y amilasas, oligosacáridos, polifenoles, y otros compuestos como lectinas y fitatos. Cuando estos componentes se encuentran en concentraciones altas en los alimentos afectan a la digestibilidad de las proteínas y almidones y a la asimilación de aminoácidos, azúcares, minerales y vitaminas (Valencia, 2009).

La semilla de garbanzo presenta bajo contenido de inhibidores de amilasa respecto a otras legumbres y a diferencia de los inhibidores proteolíticos, pueden ser fácilmente inactivados mediante tratamiento térmico a 100 °C, durante 10 minutos.

Por lo tanto, los inhibidores de amilasa no presentan este carácter antinutricional cuando las semillas son procesadas térmicamente (Aguilera, 2009).

La semilla de garbanzo muestra un importante contenido de oligosacáridos de la familia rafinosa, los cuáles son los responsables del fenómeno de la flatulencia, dado que su digestión completa requiere la presencia de dos enzimas, invertasa y α -galactosidasa, estando ausente esta última en el tracto gastrointestinal humano. Debido a ello, tiene lugar un proceso de fermentación microbiológica de los mismos en el intestino grueso, con la consiguiente formación de metano, dióxido de carbono e hidrógeno. De esta forma, los oligosacáridos constituyen un factor limitante en la utilización de legumbres de grano para monogástricos.

Los compuestos polifenólicos se encuentran localizados preferentemente en la cubierta seminal, estos compuestos juegan un papel importante en la digestibilidad de proteínas y carbohidratos de legumbres, ya que inhiben la acción de varias enzimas digestivas tanto de proteasas como de α -amilasas y dificultan la absorción mineral (Díaz, 2020).

Otros factores antinutrimientales presentes en la semilla del garbanzo son el ácido fítico, saponinas y lectinas. El ácido fítico es una molécula de almacenamiento de fósforo en el grano, no siendo digerida por nuestro organismo. Las saponinas dan amargor a los alimentos, pudiendo causar alteraciones fisiológicas al organismo humano, sin embargo, pueden reducir los niveles de colesterol plasmático, disminuyendo por tanto el riesgo de enfermedades cardíacas. Algunas legums contienen lectinas, estas interactúan con las glicoproteínas de la superficie de los eritrocitos causando aglutinación de células.

La actividad hemaglutinante de la semilla de garbanzo es muy escasa, descendiendo de manera significativa tras el procesado de las mismas (Clemente, 1998).

1.3.5 Propiedades de la harina de garbanzo

La molienda es una operación unitaria de reducción de tamaños utilizada para producir sólidos granulares de cereales, semillas o legumbres secas. La distribución del tamaño de las partículas de los sólidos granulares influye en la funcionalidad y calidad de productos finales. La distribución del tamaño de la partícula puede verse afectada por la estructura de la semilla, la operación de molienda y el tratamiento que se le dé a la semilla. Es importante el tamaño de partícula ya que puede afectar algunas propiedades funcionales de la harina.

Las propiedades funcionales se definen como cualquier propiedad fisicoquímica que afecta y modifica alguna característica de un alimento y que contribuye a la calidad final del producto. Algunas de estas propiedades se describen a continuación:

- Velocidad de hidratación: los sólidos granulares de garbanzo tienen una buena absorción de agua esto debido al contenido total de proteína y pentosanos, especialmente ribosa y desoxirribosa (polisacáridos sin almidón). La cantidad de agua añadida se considera muy importante para la distribución de los materiales de la masa y su hidratación (Valenzuela, 2009).
- Propiedades emulsionantes: la capacidad emulsionante de la harina de garbanzo, se ve afectada por el tratamiento térmico por microondas y por el proceso tradicional de cocción (Hernández, 2021).
- Capacidad para formar espumas: los aislados proteicos de garbanzo pueden aumentar el contenido total de espuma, un estudio demostró que los aislados de garbanzo tipo kabuli presentan mayor estabilidad en espumas (Aguilar-Raymundo y Vélez Ruiz, 2013).
- Capacidad para formar geles: la capacidad de formar geles con suspensiones de proteína de garbanzo está influenciado por el pH, nivel de sal, concentraciones de proteínas y temperaturas (Santiago, 2019).

1.3.6 Producción de garbanzo en México

A pesar de que las legumbres han contribuido de manera importante a la nutrición humana, su aporte nutrimental no ha sido justamente valorado. En México el consumo anual per cápita de garbanzo se ha calculado en 0.8 kg, cuando en total se debería consumir alrededor de 25 kg (CONACYT, 2019).

Durante el año 2021 el estado de Sinaloa ocupó el primer lugar en producción de garbanzo al producir 120,661.95 ton. El estado de Michoacán fue el segundo estado en producción con 19,960.14 ton, seguido de Sonora con 12,656.25 ton, Guanajuato con 9,599.06 ton y Baja California Sur con una producción de 3,264.00 ton (Figura 13).

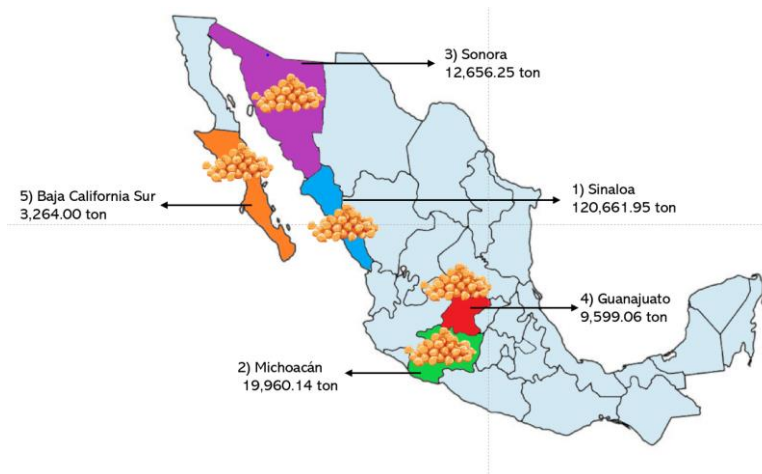


Figura 13. Producción de garbanzo en el país.

Fuente: SIAP, 2020.

1.4 Complementación de maíz y garbanzo

El maíz presenta deficiencias en lisina y triptófano, además de un desbalance leucina/isoleucina, lo cual contribuye al desarrollo de pelagra y kwashiorkor (Gutiérrez et al., 2008).

Debido a la importancia nutricional del maíz, se han hecho importantes esfuerzos para mejorar la calidad de su proteína.

Por otro lado, el garbanzo, como ya se mencionó, es una buena fuente de proteínas y carbohidratos; además, posee importantes cantidades de vitaminas (tiamina, niacina), minerales (Ca, P, Fe, Mg, K) y ácidos grasos insaturados (oleico, linoleico). Sin embargo, las proteínas del garbanzo son deficientes en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína; Hernández, 2021). Al mezclar las proteínas de maíz y garbanzo se complementan unas con otras para producir proteínas de mayor calidad nutricional.

Al complementar un alimento como la botana tipo tostito, añadiendo la proteína de la legumbre del garbanzo, se logrará enriquecer el producto para que sea lo más completa, equilibrada y suficiente y con esto ayudar a disminuir las tasas de emaciación y desmedro (baja talla para la edad) en la población infantil mexicana afectada. La adición de garbanzo eleva la calidad de aminoácidos que originalmente se encuentran en la harina de maíz.

2. METODOLOGÍA

2.1 Objetivos

2.1.1 General

Desarrollar una formulación para elaborar una botana horneada “tipo tostito” a base de sólidos granulares de garbanzo y harina de maíz que permita la obtención de un producto con mayor calidad nutrimental y funcional que uno de maíz.

2.1.2 Particulares

1) Evaluar los sólidos granulares del garbanzo y del maíz mediante pruebas químicas (AQP), nutrimentales (triptófano, digestibilidad *in vitro*, almidón total, almidón digerible, digestibilidad *in vivo* y PER), factores antinutrimientales (taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico) y calidad funcional (fibra dietética, capacidad antioxidante, fenoles y almidón resistente) para compararlos.

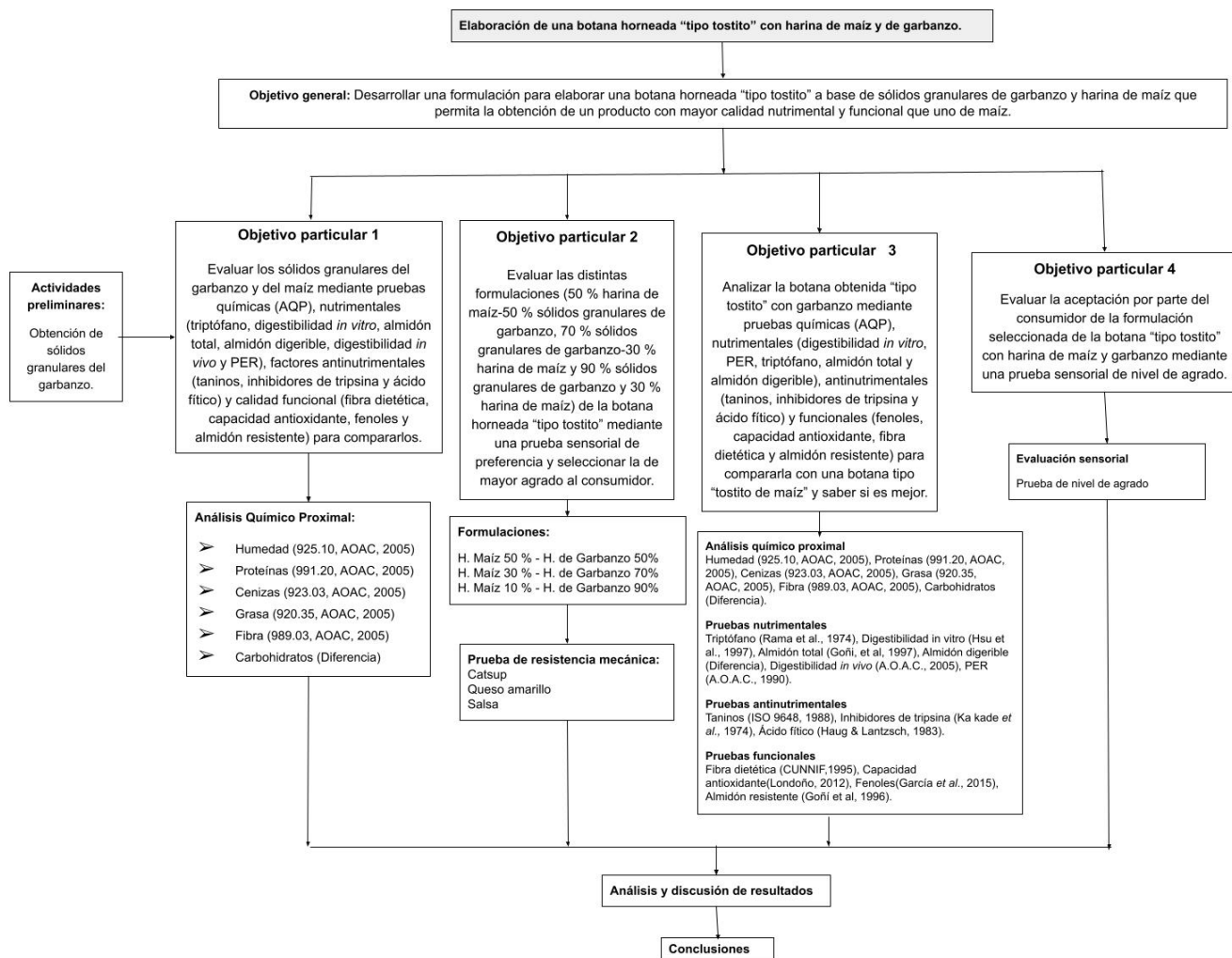
2) Evaluar las distintas formulaciones (50 % harina de maíz-50 % sólidos granulares de garbanzo, 70 % sólidos granulares de garbanzo-30 % harina de maíz y 90 % sólidos granulares de garbanzo y 30 % harina de maíz) de la botana horneada “tipo tostito” mediante una prueba sensorial de preferencia y seleccionar la de mayor agrado al consumidor.

3) Analizar la botana obtenida “tipo tostito” con garbanzo mediante pruebas químicas (AQP), nutrimentales (digestibilidad *in vitro*, PER, triptófano, almidón total y almidón digerible), antinutrimientales (taninos, inhibidores de tripsina y ácido fítico) y funcionales (fenoles, capacidad antioxidante, fibra dietética y almidón resistente) para compararla con una botana tipo “tostito de maíz” y saber si es mejor.

4) Evaluar la aceptación por parte del consumidor de la formulación seleccionada de la botana “tipo tostito” con harina de maíz y garbanzo mediante una prueba sensorial de nivel de agrado.

En la Figura 14 se muestra el cuadro metodológico de la elaboración de la botana tipo “tostito” con harina de maíz y garbanzo.

2.2 Cuadro metodológico



2.3 Materiales y métodos

El garbanzo utilizado en esta experimentación fue el tipo Kabuli el cuál fue adquirido en una tienda del Estado de México, mientras que la harina de maíz MASECA® se adquirió en un centro comercial ubicado en el Estado de México, al igual que el ajo en polvo, la pimienta blanca y la sal.

2.3.1. Tratamiento de la materia prima

Se realizó la limpieza del garbanzo de manera manual, quitándole la materia extraña (ramitas y semillas de otras especies) y granos que no presentaran color y tono de piel amarillo con tonalidades claras y oscuras (características de esta legumbre). Una vez obtenido el garbanzo se llevaron a cabo dos moliendas, la primera se realizó utilizando un molino manual (Figura 15 a) y posteriormente se pasó la harina por un molino de café (Figura 15 b) para la reducción de tamaño de partícula con una malla #40 serie USA, esta harina fue utilizada para el análisis químico proximal y nutrimental, así como para la elaboración del producto. La harina fue colocada en un frasco de vidrio con tapa para su almacenamiento a temperatura de refrigeración de 4 °C hasta ser utilizada.



Figura 15. a) Molino manual y b) Molino de café.

2.3.2 Formulaciones y condiciones de proceso

Una vez obtenida la harina de garbanzo se procedió a formular diferentes prototipos de la botana y una formulación convencional. Para la obtención de la botana se propusieron tres prototipos de tostitos con diferentes formulaciones (Tabla 6).

Posteriormente se realizó la elaboración de las distintas formulaciones como se muestran en la Figura 16.

Tabla 6. Formulaciones propuestas para la elaboración de la botana

Ingredientes	Botana 100 % HM	50 % HM - 50 % HG	30 % HM - 70 % HG	10 % HM – 90 % HG
Harina de maíz	37.96	24.10	16.35	6.78
Harina de garbanzo	—	24.10	38.16	61.05
Agua caliente	59.22	48.21	41.43	27.13
Aceite	1.51	1.92	2.18	2.71
Sal	0.91	1.15	1.30	1.62
Ajo en polvo	0.22	0.28	0.32	0.40
Pimienta blanca	0.15	0.19	0.21	0.27

HM = Harina de maíz

HG= Harina de garbanzo

2.3.3 Diagrama de proceso

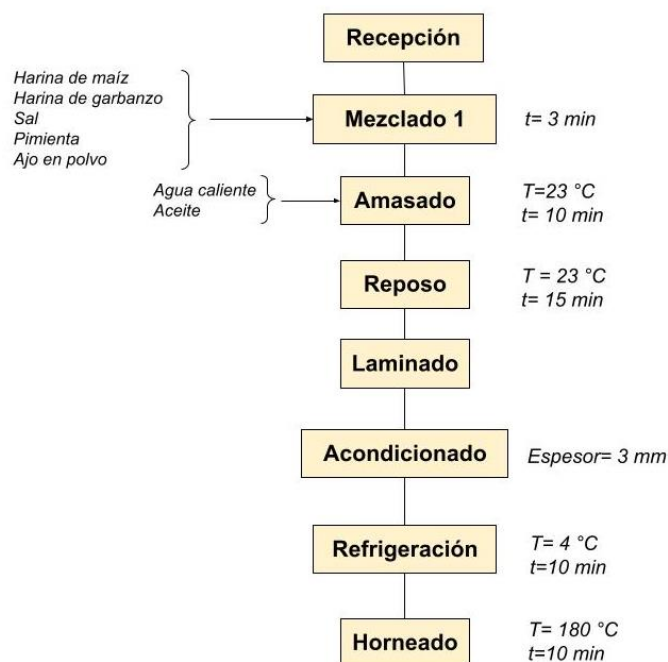






Figura 16. Diagrama de proceso de elaboración de botana “tipo tostito”





2.3.4 Descripción de proceso

En la Tabla 7 se presenta la descripción del proceso para la elaboración de la botana tipo “Tostito”.

Tabla 7. Descripción del proceso para la elaboración de la botana tipo “Tostito”

<p>Recepción: en esta etapa se pesaron todos los ingredientes en una balanza digital manual. (Figura 17).</p> <p>Primero se pesaron los ingredientes secos: harina de maíz, sal, ajo en polvo y pimienta blanca.</p> <p>Posteriormente se midieron los ingredientes líquidos (aceite y agua) en una probeta de 100 mL.</p>	 <p>Figura 17. Pesado de ingredientes en balanza digital manual</p>
<p>Mezclado 1. En esta etapa se incorporaron todos los ingredientes sólidos en un tazón los cuales fueron mezclados lentamente con una cuchara, durante 3 minutos (Figura 18).</p>	 <p>Figura 18. Mezclado de ingredientes sólidos</p>
<p>Amasado. En esta etapa se incorporó primero el aceite y se mezcló lentamente de forma manual, posteriormente se adiciono el agua y se mezcló durante 10 minutos hasta formar una masa (Figura 19).</p>	 <p>Figura 19. Amasado</p>
<p>Reposo. Una vez formada la masa se dejó reposar en el tazón, durante 15 minutos a 23 °C (Figura 20).</p>	 <p>Figura 20. Reposo de la masa</p>

Continuación tabla 7. Descripción del proceso para la elaboración de botana tipo

<p>Laminado. En esta etapa se pesaron 3 g de la masa (para de cada tostito), posteriormente se les dio forma redonda con una prensa para elaborar tortillas (Figura 21).</p>	 <p>Figura 21. Laminado de botana en prensa</p>
<p>Acondicionado. Una vez formada la botana, se le realizaron agujeros a la botana con un tenedor para evitar las ampollas que se forman durante el horneado (Figura 22).</p>	 <p>Figura 22. Acondicionamiento</p>
<p>Refrigeración. En esta etapa se ingresó la charola de la botana formada al refrigerador durante 10 minutos a una temperatura de 4 °C (Figura 23).</p>	 <p>Figura 23. Refrigerador Ojeda</p>
<p>Horneado. En esta etapa se ingresaron las charolas en un horno modelo Robot Cool, a una temperatura de 180 °C durante 5 minutos, posteriormente se giro la charola durante 5 minutos para que el horneado fuera uniforme (Figura 24).</p>	 <p>Figura 24. Horno Robot Cool</p>

Una vez obtenidas las formulaciones que se propusieron al inicio, se realizó una prueba de preferencia la cuál es ampliamente utilizada en el lanzamiento de nuevos productos y en estudios de mercado en la industria alimenticia.

En esta prueba a los consumidores se les presentan dos o más muestras y se les pide que indiquen cual es la muestra de su preferencia. Son pruebas de fácil realización (Ramírez, 2012).

2.4 Análisis Químico Proximal

Se realizó un análisis químico proximal a la materia prima (harina de maíz y sólidos granulares de garbanzo), posteriormente al producto, tanto al control (harina de maíz 100%) como al producto seleccionado (elaborado con harina de maíz y sólidos granulares de garbanzo), siguiendo los métodos del A.O.A.C. (2005).

2.4.1 Determinación de humedad

Método o técnica: Estufa 925.10

(Para determinar la humedad de las harinas y la botana se utilizó el método por estufa, sin embargo, la termobalanza es una técnica que hubiera sido más directa para la medición de humedad).

Procedimiento:

1. Se pesaron 3 g de muestra en una caja de aluminio, las cuales previamente fueron puestas a peso constante (pesando cada hora a 130 °C).
2. Se secó la muestra 1 h en la estufa a 130 °C (Figura 25).
3. Se retiró de la estufa, dejó enfriar en el desecador y se pesó tan pronto como se equilibró con la temperatura ambiente y se repitió el proceso de secado hasta que se llegó a peso constante.

El resultado es obtenido en porcentaje de humedad de acuerdo con la ecuación 1:

$$\%H = \frac{(W1-W2)}{W3} \times 100 \dots\dots\dots Ec (1)$$

En donde:

W1= Peso de la caja + Muestra húmeda (g)

W2 = Peso de la caja + Muestra seca (g)

W3= Peso de la muestra (g)



Figura 25. Estufa para la determinación de humedad.

2.4.2 Determinación de grasa

Método o técnica: Soxhlet, 920.39

Procedimiento:

1. Se puso a peso constante un matraz bola de fondo plano con una perla de ebullición en la estufa a 110 °C (pesando cada hora).
2. Se pesaron 3 g de muestra libre de humedad sobre papel poroso, enrollado y colocado en un cartucho, tapado con algodón y se colocó el cartucho en el extractor. Se conectó el matraz al extractor y éste al refrigerante (Figura 26).
3. Se agregaron dos cargas de éter etílico por el refrigerante y se calentó el matraz con parrilla a ebullición suave.
4. Una vez extraída toda la grasa, se quitó el cartucho con la muestra desengrasada.
5. Se siguió calentando hasta la casi total eliminación del éter recuperándolo antes de que se descargara.
6. Se quitó el matraz y secó el extracto a 75-80 °C por 30 min, se enfrió y pesó (Se realizó la prueba por triplicado).

El porcentaje de grasa se obtiene a partir de la ecuación 2:

$$\%Grasa\ bruta = \frac{W3-W2}{W1} \times 100 \dots\dots\dots Ec (2)$$

En donde:

W1 = Peso de la muestra (g)

W2 = Peso del matraz (g)

W3 = Peso del matraz con muestra (g)



Figura 26. Equipo Soxhlet para extracción de grasas.

2.4.3 Determinación de cenizas totales

Método o técnica: Klemm 923.03

Procedimiento:

1. Se colocaron 3 g de muestra en un crisol a peso constante.
2. El crisol se colocó a fuego directo (Figura 27 a) y se dejó calcinar la muestra hasta que no se desprendiera humo.
3. Se colocó en la mufla (Figura 27 b) de 550 a 600 °C durante 1 h, posteriormente se dejó enfriar afuera por 8 min. Pasado el tiempo se dejó enfriar en un desecador durante 7 min y se pesó.
4. Se repitió el paso 3 hasta llegar a peso constante, y se realizaron los cálculos con la ecuación 3.

Cálculos:

$$\%C = \frac{(W_3 - W_2)}{W_1} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec (3)}$$

Dónde:

W1=Peso de la muestra (g)

W2= Peso del crisol sin muestra (g)

W3=Peso del crisol con las cenizas (g)



Figura 27. a) Incineración en Crisol y b) Mufla Sybron.

2.4.4 Determinación de proteínas

Método o Técnica: Micro- Kjeldahl 954.01

Procedimiento:

1. Se realizó el cálculo en base a la muestra y se pesó 0.1 g de muestra, se colocó en un matraz Micro-kjeldahl, con 1.5 g de K_2SO_4 , 0.2 g de $CuSO_4$ y 2 mL de H_2SO_4 .
2. Se colocaron en una parrilla eléctrica para que se llevará a cabo la digestión, durante 90 min (Figura 28 a). Finalizado el tiempo se dejaron enfriar.
3. Se agregó la solución en el destilador (Figura 28 b) y enseguida se vació el NaOH 40 %.
4. La destilación iba dirigida a un matraz Erlenmeyer con 50 mL de H_3BO_3 al 4 %, se dejó hasta que llegó a 100 mL y se retiró.
5. Después, se tituló con HCl 0.1 N (los mililitros gastados fueron los utilizados en la ecuación 4).

Cálculos:

$$\%N = \frac{(V_2 - V_1) (N)(0.014)}{W} \times 100$$
$$\%P = (Factor)(\% \text{ Nitrógeno total}) \dots\dots\dots Ec (4)$$

Dónde:

W=Peso de la muestra (g)

V1= Volumen (mL) de la solución de HCl requerido para la prueba en blanco

V2 =Volumen (mL) de la solución de HCl requerido para la muestra problema

N= Normalidad del HCl, *Factor=6.25

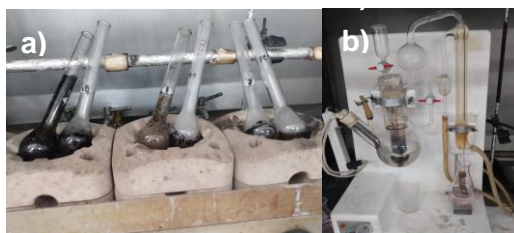


Figura 28. a) Digestión de muestras y b) Equipo de destilación micro.

2.4.5 Determinación de fibra cruda

Técnica: Wendee 989.03

Procedimiento:

1. Se pesó 0.5 g de muestra seca y libre de grasa.
2. Se colocó la muestra en un vaso de precipitados de 600 mL.
3. Se adicionaron 200 mL de H₂SO₄ al 1.25 %, para después colocarlo en una parrilla, bajo un extractor de gases. Se dejó hervir durante 20 min.
4. Se agregaron 200 mL de NaOH al 2.5 % y continuó calentándose por 30 min (Figura 29 a)
5. Se filtró la solución usando papel filtro, seco y pesado, el cual se colocó en un embudo Buchner (Figura 29 b).
6. Se realizaron lavados sucesivos con: agua destilada caliente, hasta eliminar el álcali y se determinó el pH para confirmarlo.
7. Se retiró el papel filtro y se llevó a peso constante en la estufa a 110 °C y luego se pesó.
8. Se pasó el papel filtro a un crisol de porcelana que se encontraba a peso constante y se incineró en la mufla a 530 °C.
9. Se dejó enfriar para después pesarlo. El resultado de la pérdida de peso fue el resultado de la fibra cruda. Calculado con la ecuación 5.

Cálculos:

$$\%F \text{ cruda} = \frac{(W_2 - W_1) - (W_4 - W_3)}{W_5} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec (5)}$$

Dónde:

W1= Peso del papel filtro (g)

W2= Peso del papel filtro con residuos secos (fibra) (g)

W3= Peso del crisol vacío (g)

W4= Peso del crisol después de la incineración (cenizas) (g)

W5= Peso de la muestra (g)

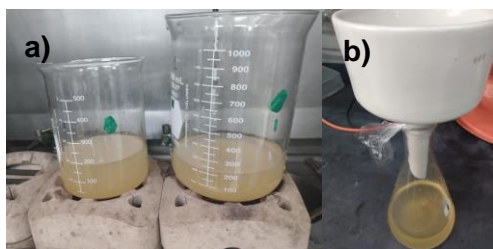


Figura 29. a) Hidrólisis de muestra y b) Filtrado en embudo Buchner.

2.4.6 Determinación de carbohidratos

El contenido de carbohidratos se realizó por diferencia en base a la ecuación 6.

Cálculos:

$$\%CHOS = 100\% - (Proteínas + Humedad + Grasa + Cenizas) \dots\dots\dots Ec (6)$$

2.5 Determinación de parámetros nutrimentales

2.5.1 Triptófano (cuantificación) (Rama et al.,1974).

Procedimiento:

1. Se elaboro una curva patrón de 0 a 100 μg de triptófano
2. Se pesó 1 g de muestra.
3. Se agregó pepsina y se dejó incubar a temperatura ambiente.
4. Se adicionaron 10 mL de NaOH y Pancreatina, se incubó por 24 h.
5. Se aforó a 50 mL con agua destilada y se filtró.
6. Se adicionó HCl concentrado y DMAB (dimetilamino-benzaldehído), así como $NaNO_2$.
7. Se colocó en un Espectrofotómetro y se leyó a $\lambda=590$ nm (Figura 30) posteriormente se realizaron los cálculos con la ecuación 7.

$$\left(\frac{mg \text{ Trp}}{1 \text{ mL}}\right) \left(\frac{25 \text{ mL}}{0.5 \text{ g}}\right) (100) = \frac{mg \text{ Trp}}{100 \text{ g mtra}}$$
$$\left(\frac{g \text{ Trp}}{100 \text{ g mtra}}\right) \left(\frac{100 \text{ g mtra}}{x \text{ g proteína}}\right) (100) = \frac{g \text{ Trp}}{100 \text{ g mtra}} \dots\dots\dots Ec (7)$$



Figura 30. Espectrofotómetro.

2.5.2 Digestibilidad *in vitro* (Hsu et al., 1977)

Procedimiento:

1. Se pesó una muestra de harina de la botana que tuviera 10 mg de N₂ (Determinada a través de la prueba Micro Kjeldahl)
2. Se adicionaron 10 mL de agua destilada y se ajustó el pH a 8.
3. Se dejó en agitación en un baño de agua a 37 °C (Figura 31).
4. Después de la hora se añadió 1 mL de solución A
5. Después se adicionó 1 mL de solución B a 55 °C
6. A los 20 min se midió el pH y se realizaron los cálculos con la ecuación 8.

Cálculos:

$$\% Dig = 234.84 - 22.56 (pH) \dots\dots\dots Ec (8)$$

Dónde:

Lectura pH= pH de la suspensión de proteína

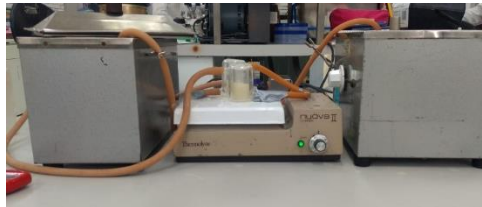


Figura 31. Equipo para determinación de digestibilidad *in vitro*.

2.5.3 Almidón Total (Goñi et al., 1997)

Procedimiento:

1. Se pesaron 0.05 g de muestra, se agregó 6 mL de KOH y se mantuvo en agitación constante por 30 min (Figura 32).
2. Pasado el tiempo se agregó buffer de acetato de sodio y se ajustó el pH a 4.75
3. Después se agregó amiloglucosidasa y se colocó en un baño a 60 °C por 45 min.
4. Posteriormente se dejó enfriar y se centrifugó a 5000 rpm.
5. Se agregó el reactivo de glucosa, se dejó reposar por 20 min y se leyó a una absorbancia de 505 nm.

Cálculos:

1. De una curva patrón de glucosa se obtiene la ordenada al origen (b) y pendiente (m).

2. Sustituir en la siguiente ecuación

$$X = \frac{\text{Absorbancia} - b}{m}$$

Donde:

m= pendiente

b= ordenada al origen

X= Almidón en 1000 μL

3. Con este valor se realiza el cálculo para el porcentaje de almidón total

$$X1 = \frac{(1000 \mu\text{L} - x)}{(10 \mu\text{L})}$$

4. Calcular el contenido de almidón total para 10 μL

$$X2 = \frac{(X1)(\text{mL de sobrenadante})}{1 \text{ mL}}$$

5. Calcular el contenido de almidón total en 100 g de muestra

$$X3 = \frac{(X2)(100 \text{ g})}{\text{g muestra}}$$

6. Calcular el porcentaje de almidón total con la ecuación 9

$$\% \text{ Almidón total} = \frac{(X3)}{10 E6} \dots\dots\dots \text{Ec (9)}$$



Figura 32. Determinación de almidón total.

2.5.4 Almidón Digerible

El contenido de almidón digerible se determinó por diferencia del almidón total menos el almidón resistente, ecuación 10.

Cálculos:

$$\% \text{ Almidón Digerible} = (\text{Almidón total} - \text{Almidón resistente}) \dots\dots\dots \text{Ec (10)}$$

2.5.5 Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad aparente de la proteína, se define como la proporción de nitrógeno ingerido que es absorbido por el animal, se determinó midiendo el nitrógeno ingerido y el de las heces secas y molidas (por Kjeldahl) de cada rata en la última semana del ensayo del PER (Relación de Eficiencia Proteica) (28 días) y se realizaron los respectivos cálculos (Figura 33) (A.O.A.C., 2005).

Cálculos:

Para la evaluación biológica se utilizó la determinación de digestibilidad aparente (DA) con la ecuación 11:

$$DA = \frac{NI - NF}{NI} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec (11)}$$

Dónde:

NI= Nitrógeno ingerido

NF= Nitrógeno fecal



Figura 33. Determinación de nitrógeno total por micro Kjeldahl.

2.5.6 Relación de eficiencia proteica

Con el fin de evaluar la calidad proteica de la formulación seleccionada, se realizó la prueba de la Relación de Eficiencia Proteica (REP) más conocido por sus siglas en inglés PER (Protein Efficiency Ratio) (960.48, A.O.A.C).

Representa el cociente entre los gramos de peso ganado de los animales en estudio dividido por los gramos de proteína ingerida. Para ello fue necesario elaborar una dieta isoproteica e isocalórica con la botana de la formulación seleccionada, y la dieta de referencia de caseína. Las dietas se prepararon de acuerdo con la formulación establecida por la A.O.A.C., 1990.

Procedimiento:

1. Se utilizaron 12 ratas Wistar de 21 días de nacidas (Figura 34), las cuales fueron divididas en dos lotes de 6 ratas cada uno.
2. Un lote de ratas fue alimentado con una dieta de caseína como proteína control. Las ratas fueron distribuidas en forma de culebra japonesa (este método distribuye los pesos en orden ascendente y se van haciendo lotes de seis en seis de izquierda a derecha y regresa de derecha a izquierda para una distribución homogénea), en condiciones de temperatura de 25 °C, humedad relativa de 30 – 35 % y periodos de luz de 12 h.
3. Cada tercer día se registró el peso ganado, así como la cantidad de alimento consumido.

Este ensayo tuvo una duración de 28 días. En la ecuación 12 se muestran los cálculos realizados.

Cálculos:

$$PER = \frac{\Delta P}{\sum AI * F}$$

$$PER \text{ ajustado} = PER \text{ exp} * \frac{PER \text{ caseína}}{PER \text{ caseína exp}} \dots\dots\dots Ec (12)$$

Donde:

ΔP= Incremento de peso (g)

ΣAI= Alimento ingerido total (g)

F= % de proteína en la dieta/100

PER exp= Valor de PER obtenido en el bioensayo

PER caseína ref.= Valor de caseína de referencia igual a 2.5

PER caseína exp.= Valor PER de la caseína obtenido del bioensayo

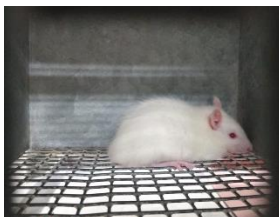


Figura 34. Rata Wistar.

2.6 Compuestos antinutrientales

2.6.1 Taninos (ISO 9648, 1988)

Procedimiento

1. Pesar 1 g de la muestra desengrasada.
2. Adicionar 25 mL de DMF (Solución de dimetilformamida al 75%).
3. Agitar en una parrilla durante 1 h y posteriormente dejar reposar durante 15 min.
4. Centrifugar la muestra a 5000 rpm durante 20 min.
5. Tomar 1 mL de la muestra y colocarlo en un tubo.
6. Adicionar 5 mL de agua destilada y 1 mL de citrato férrico amoniacal (Figura 35).
7. Agitar el tubo y adicionar 1 mL de amoniaco y homogeneizar.
8. Realizar cada muestra por triplicado y leer a una absorbancia de 525 nm

Cálculos

1. De la ecuación de la recta obtenida de la curva correspondiente de Absorbancia vs Concentración de solución estándar (mg) se despeja a "x"
2. Para obtener "x" se sustituyen los valores obtenidos:
y= absorbancia de la muestra.
b= valor obtenido en la curva patrón.
m= valor obtenido en la curva patrón.
3. Determinar el porcentaje de taninos utilizando la ecuación 13.

$$\% \text{ taninos} = \left(\frac{x}{m} \right) \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec (13)}$$

En donde:

x= valor obtenido (g)

m= peso de la muestra (g)



Figura 35. Determinación de taninos.

2.6.2 Inhibidores de tripsina (Ka kade *et al.*, 1974)

Procedimiento:

1. Pesar 1 g de la muestra desengrasada y adicionar 45 mL de NaOH 0.01 N y ajustar el pH a 9.6 ± 0.2 y se afora a 50 mL.
2. Agitar durante 2 h y posteriormente se centrifuga.
3. El sobrenadante se diluye al punto de que 1 mL produzca inhibición de 40-60 %.
4. Diluir la muestra relación 1:3 con muestra y NaOH.
5. Para determinar la actividad se realizan porciones de 0, 0.6, 1, 1.4 y 1.8 mL de extracto directo diluidos y ajustar el volumen a 2 mL con agua destilada (Figura 36).
6. Adicionar 2 mL de tripsina y agitar. Mantener en contacto inhibidor de tripsina-tripsina por 10 min en un baño a 37 °C.
7. Adicionar 5 mL de Benzoil-arginina-p-nitroanilida a cada tubo durante 10 min.
8. Detener la reacción enzimática con la adición de 1 mL de ácido acético al 30 %.
9. Realizar la lectura a 410 nm en el espectrofotómetro y realizar los cálculos con la ecuación 14.

Cálculos

$$B \times \text{Factor} \times \frac{\text{vol. muestra}}{\text{mg de la muestra}} = \frac{\text{UTI}}{\text{mg de la muestra}} \dots\dots\dots \text{Ec (14)}$$

En donde:

B= Ordenada al origen

Factor= Factor de dilución



Figura 36. Determinación de inhibidores de tripsina.

2.6.3 Ácido fítico (Haug & Lantzsch, 1983)

Procedimiento.

1. Pesar 0.1 g de la muestra desengrasada y adicionar 20 mL de HCl 0.2 N, agitar durante 20 min y centrifugar a 3000 rpm durante 15 min.
2. Tomar 0.5 mL del extracto y colocarlo en un tubo de ensaye, posteriormente adicionar 1 mL de solución férrica.
3. Tapar el tubo y calentarlo a 95 °C durante 30 min (Figura 37).
4. Enfriar los tubos con agua helada durante 6 min.
5. Posteriormente a los 30 s adicionar 1 mL de 2,2-Bipiridina a cada tubo y agitar.
6. Leer la absorbancia a 519 nm y realizar cálculos con la ecuación 15.

Cálculos

$$x = \frac{y - b}{m} = \mu g \text{ de } P \text{ del ácido } \frac{\text{fítico}}{\text{mL}}$$
$$P = \frac{(x * E)}{T}$$
$$M = \frac{\text{muestra (g)}}{20 \text{ ml HCl}}$$
$$\% \text{Ácido fítico} = \frac{(Px100)}{M} \dots\dots\dots \text{Ec (15)}$$

En donde:

x= Es el valor obtenido de la ecuación despejada

y= Absorbancia corregida-muestra

b= Ordenada al origen

m= Pendiente de la curva

P= μ g de P del ácido fítico/mL

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

T= Equivalente a 185.82 g (6 moles de P)

M= Valor de muestra por cada 20 mL de HCl

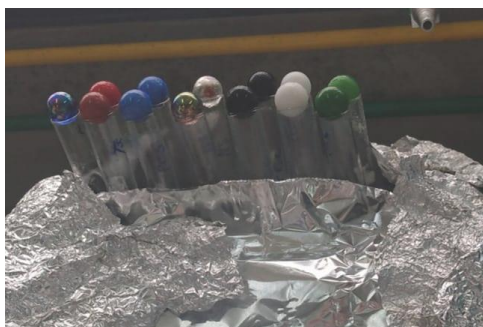


Figura 37. Determinación de ácido fítico.

2.7 Compuestos funcionales

2.7.1 Fibra Dietética (CUNNIF, 1995)

Procedimiento:

1. Se pesó 1 g de muestra.
2. Se le adicionó buffer de fosfato, ajustando pH.
3. Se le agregó solución de amilasa (Figura 38 a).
4. Se cubrió el matraz con papel aluminio y después se puso en un baño a ebullición.
5. Se dejó enfriar a temperatura ambiente, y se ajustó el pH adicionando NaOH.
6. Se adicionó proteasa
7. Se cubrieron los matraces y se pusieron en un baño a 60 °C.
8. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente, se agregó HCl y se ajustó el pH.
9. Se adicionó amiloglucosidasa y se incubó a 60 °C por 30 min con agitación.
10. Se adicionó etanol al 95 %,
11. Se filtró la muestra en papel filtro.
12. Se vació cuantitativamente el precipitado.
13. Se lavó el residuo con etanol.
14. Después, con acetona.
15. Se puso el papel filtro a secar durante la noche, luego se hizo lo requerido para llegar a peso constante.
16. De un papel se determinó proteína y del otro, cenizas (AOAC, 2005) (Figura 38 b)
17. Se corrigió el residuo restándole las cenizas y proteína correspondiente y se realizaron los cálculos con la ecuación 16.

Cálculos:

$$\%F = \frac{(R_{muestra} - P_{muestra} - A_{muestra})}{PM} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec (16)}$$

Dónde:

R muestra = peso del residuo de la muestra (mg)

P muestra = promedio del peso de proteína de la muestra (mg)

A muestra = Promedio del peso de cenizas de la muestra (mg)

PM = Peso de la muestra (mg)

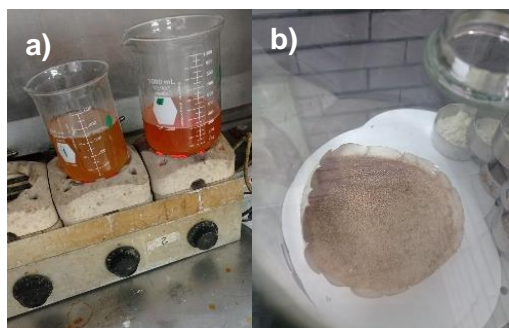


Figura 38. a) Hidrólisis y b) Filtración.

2.7.2 Capacidad Antioxidante (Londoño, 2012)

Obtención del extracto

1. Se pesó 0.1 g de muestra.
2. Se diluyó con metanol-HCL al 1 %.
3. Se dejó hervir. Después se centrifuga.
4. Se obtuvo el sobrenadante.
5. Se colocaron a evaporar.
6. Una vez evaporados, se redisolviéron en agua desionizada.
7. Se finalizó con una centrifugación.

Determinación del poder antioxidante

1. Del extracto obtenido se tomaron 500 µL.
2. Se agregó solución DPPH.
3. Se dejaron reposar en oscuridad absoluta.
4. Se leyó a 518 nm en espectrofotómetro (Figura 39) y se realizaron los cálculos con la ecuación 17.

Cálculos:

$$\%CA = \frac{(Abs\ control\ negativo - Abs.\ Muestra)}{Abs\ Control\ Negativo} \times 100 \dots\dots\dots Ec\ (17)$$

Dónde:

***Abs. Control Negativo** = Valor de absorbancia (Metanol + DPPH)

Abs. Muestra = Valor de absorbancia de la muestra a analizar



Figura 39. Determinación de capacidad antioxidante.

2.7.3 Compuestos Fenólicos (García *et al.*, 2015)

Procedimiento:

1. Se preparó el extracto como en la determinación de capacidad antioxidante antes mencionada.
2. Al extracto obtenido se agrega agua destilada.
3. Después se incorpora Folin.
4. Se agrega Na₂CO₃ (Figura 40).
5. Se agitaron y después se leyó la absorbancia a 760 nm.
6. Se realizaron los cálculos con la ecuación 18 para la determinación de la cantidad de compuestos fenólicos.

Cálculos:

$$Fenoles = \frac{Y * E}{PM} * 10 = \frac{mg \ EAG}{g \ muestra} \dots\dots\dots Ec \ (18)$$

Dónde:

Y: Fenoles en 1 g de muestra.

E: Equivalencia en 6 equivalentes de ácido gálico.

PM: Peso molecular del ácido gálico (170.2 g).

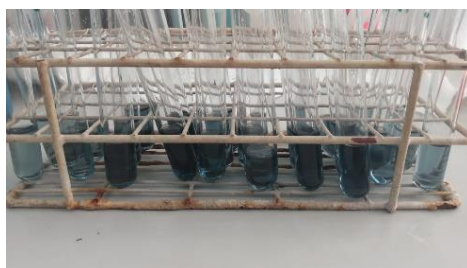


Figura 40. Determinación de compuestos fenólicos.

2.7.4 Almidón Resistente (Goñi *et al.*, 1996)

Procedimiento:

1. Se pesaron 100 mg de muestra y se agregó buffer KCl-HCl.
2. Se agregó pepsina y se mantuvo en agitación constante.
3. Se agregó buffer Tris-maleato.
4. Se agregó amilasa pancreática y se incubo por 16 h.
5. Se centrifugo, posteriormente se agregó KOH y se mantuvo en agitación constante.
6. Se agregó buffer acetato de sodio ajustando el pH y adicionó la amiloglucosidasa.
7. Posteriormente se centrifugó el sobrenadante, se trató con reactivo de glucosa y finalmente se leyó a una absorbancia de 505 nm (Figura 41).

Cálculos:

Se realizo una curva patrón de la glucosa para obtener la pendiente (m) y la ordenada al origen (b).

Se sustituyo en la siguiente ecuación:

$$x = \frac{\text{Absorbancia} - b}{m}$$

Donde:

m= pendiente

b= ordenada al origen

x= almidón en 1000 μ L

Con el valor obtenido se realizó el cálculo con la ecuación 19 para poder obtener el % de almidón resistente.

$$X1 = \frac{(1000 \mu\text{l})(X)}{10 \mu\text{l}} = \% \dots\dots\dots \text{Ec (19)}$$

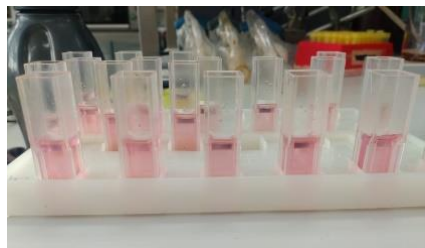


Figura 41. Determinación de almidón resistente.

2.8 Evaluación sensorial

2.8.1 Prueba de preferencia

La prueba de preferencia se realizó para tres muestras propuestas (Tabla 8). El formato de la prueba (Anexo 1) se le entregó a 100 jueces al azar no entrenados (Figura 42).

Tabla 8. Formulaciones propuestas

Formulaciones	
Harina de maíz	Harina de garbanzo
50 %	50 %
30 %	70 %
10 %	90 %

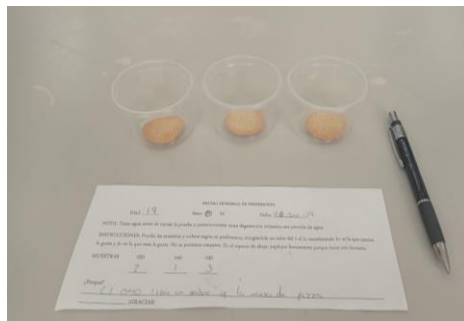


Figura 42. Prueba de preferencia.

2.8.2 Prueba de nivel de agrado

Las pruebas de aceptación también se conocen como pruebas de nivel de agrado. Son un componente valioso y necesario de todos los programas sensoriales. Se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores y según su tipo estas pruebas permiten medir cuánto agrada o desagradó dicho producto (Ramírez, 2012).

La prueba se realizó con la formulación que se seleccionó, el formato (Anexo 2) se les proporcionó a 100 jueces al azar no entrenados (Figura 43).

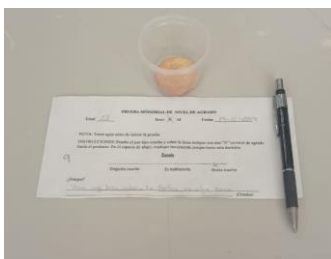


Figura 43. Prueba de nivel de agrado

2.8.3 Prueba de resistencia mecánica

La prueba se realizó a cada botana colocando 0.5 g de cátsup, salsa y queso amarillo (Figura 44) con las diferentes formulaciones propuestas (50 % harina de maíz-50 % sólidos granulares de garbanzo, 70 % sólidos granulares de garbanzo-30%harina de maíz, 90 % sólidos granulares de garbanzo-30% harina de maíz) para determinar el tiempo que tardan en filtrar y romper el tostito y corroborar si existe una relación en el contenido de solidos granulares de garbanzo.



Figura 44. Prueba de resistencia

2.9 Análisis Estadístico

Las pruebas se realizaron por triplicado; calculando su media, desviación estándar y coeficiente de variación. Se analizaron las medias con la prueba de rango múltiple t-student con un nivel de significación de 0.05 utilizando el programa estadístico Origin 4.0.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis Químico Proximal de la materia prima

En la Tabla 9 se observa que todos los componentes químicos (humedad, proteínas, grasa, cenizas, fibra y carbohidratos) evaluados, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre la harina de maíz y de garbanzo.

El contenido de proteína de la harina de garbanzo fue del doble que la harina de maíz; su importancia radica en que las legumbres presentan una buena fuente de aminoácidos esenciales especialmente lisina, deficiente en la harina de maíz (Tas, 2021).

El contenido de grasa de la harina de garbanzo fue casi 5 veces mayor que el de la harina de maíz, esto es lo esperado ya que la semilla del garbanzo tiene mayor contenido de grasa que otras legumbres y se ha reportado que contiene principalmente ácido palmítico y linoleico (Aguilar *et.al.*, 2013).

El contenido de cenizas de la harina de garbanzo fue del doble que la de maíz; las cenizas son importantes ya que se relacionan con el contenido de minerales, los cuales son elementos inorgánicos esenciales para el organismo (Carbajal, 2017).

Así mismo, el garbanzo tuvo un porcentaje de fibra tres veces mayor que el maíz, esto es importante porque se sabe que la fibra tiene grandes beneficios para la salud; es fundamental para el adecuado funcionamiento del intestino, también ha mostrado ser esencial en la prevención de enfermedades no transmisibles como la diabetes, enfermedades cardíacas y algunos tipos de cáncer (Badui, 2013).

El contenido de carbohidratos presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre ambas harinas. El contenido fue menor en la harina de garbanzo; los carbohidratos son fuentes importantes de energía. Las legumbres generalmente tienen un contenido energético más bajo en comparación con los cereales (Tas, 2021).

Tabla 9. Análisis químico proximal de las harinas de garbanzo y de maíz (Maseca®)

Muestra	Humedad (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	CHO' s totales (%)
Harina de maíz	2.8 ± 0.01 ^a	6.94 ± 0.01 ^a	1.10 ± 0.05 ^a	1.44 ± 0.03 ^a	2.84 ± 0.05 ^a	84.44 ^a
Harina de garbanzo	8.7 ± 0.17 ^b	15.23 ± 0.46 ^b	5.98 ± 0.34 ^b	3 ± 0.32 ^b	6.34 ± 0.26 ^b	60.75 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.2 Evaluación de la calidad nutrimental de la materia prima

En la Tabla 10 se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en la digestibilidad *in vitro* entre las harinas de garbanzo y maíz y están en un rango reportado para alimentos vegetales crudos, esto sugiere que ambas tienen la facilidad de convertir el alimento en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición (Manríquez, 2022).

En cuanto a la cantidad de triptófano se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas, sin embargo el maíz presenta mayor contenido ($P \leq 0.05$), el triptófano es un aminoácido esencial que favorece la síntesis de serotonina, (neurotransmisor) ayuda a la transmisión del impulso nervioso y además favorece la síntesis de melatonina regulando el sueño y es precursor de la Vitamina B3 (Safont, 2003).

En cuanto a los resultados de almidón total se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre las muestras, la harina de garbanzo presentó un menor porcentaje en comparación con la harina de maíz, esto es lo esperado pues se sabe que las legumbres tienen menor porcentaje de almidón que los cereales (Tas, 2021).

Los resultados de almidón digerible mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), en donde la harina de maíz fue casi 40 veces mayor en comparación con la harina de garbanzo. En general las investigaciones han demostrado que este tipo de almidón provoca un aumento del índice glucémico y por ende una alta secreción de insulina, lo cual no resulta beneficioso para el organismo (Cerdas, 2020).

Tabla 10. Calidad nutricional de las harinas de garbanzo y de maíz (Maseca®)

Muestra	Digestibilidad in vitro (%)	Triptófano (g Trp/ 100 g proteína)	Almidón total (%)	Almidón digerible (%)
Harina de maíz	81.43 ± 2.25 ^a	0.70 ± 0.01 ^a	71.2 ± 2.41 ^a	62.69 ^a
Harina de garbanzo	71.28 ± 1.59 ^a	0.64 ± 0.07 ^a	38.4 ± 2.05 ^b	23.13 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.3 Evaluación de factores antinutrientales

En la Tabla 11 se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) en los contenidos de taninos y ácido fítico entre las harinas de garbanzo y maíz, esta última harina presentó un mayor contenido de taninos; los cuales son compuestos polifenólicos de origen vegetal, que se unen a las proteínas y son responsables del amargor y la astringencia en el sabor, sin embargo, pueden ser inactivados o reducidos por el proceso de horneado y molienda (Tas, 2021).

En cuanto a los resultados del ácido fítico de la harina de maíz y de garbanzo se presentaron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), los valores obtenidos fueron bajos y esto significa que no se presentan riesgos para la salud al consumirse, se consideran tóxicos para la salud en proporciones de 27.5 % por lo tanto, podrían ser consumidos sin ningún problema (Perelló, 2004).

Los resultados de inhibidores de tripsina de las harinas no fueron detectables esto se debe a que fueron inactivados en el proceso de molienda, el cuál integra fenómenos térmicos y mecánicos al forzar al producto a pasar a través de un orificio pequeño cambiando la conformación proteica (Avilés, 2017).

Tabla 11. Factores antinutrientales de la harina de maíz y garbanzo

Muestra	Taninos (%)	Ácido fítico (%)	Inhibidores de tripsina (UTI/mg)
Harina de maíz	0.103±0.003 ^a	2.66±0.42 ^a	ND
Harina de garbanzo	0.20±0.005 ^b	1.75±0.01 ^b	ND

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.4 Evaluación de la materia prima como alimento funcional

En la Tabla 12 se observa que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las muestras en el contenido de fenoles, teniendo mayor contenido la harina de garbanzo. Mientras que en la capacidad antioxidante no se presentaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre ambas muestras.

El contenido de fenoles es importante, ya que ayuda a evitar la oxidación lipídica (Carreras *et al.*, 2016), por otro lado, aunque la capacidad antioxidante no mostró diferencias entre las harinas, ambas tuvieron valores altos, siendo esto importante porque dichos componentes previenen enfermedades degenerativas de la edad, enfermedades cardiovasculares y cáncer (Okutama, 1997).

En el contenido de almidón resistente se puede observar que se tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las harinas evaluadas, presentando casi el doble más, la harina de garbanzo en comparación con la de maíz. El contenido de fibra dietética mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las muestras, la harina de garbanzo presentó el doble más fibra que la harina de maíz. Estos componentes resultan beneficiosos por sus efectos fisiológicos en el organismo como disminución del tiempo de tránsito intestinal, reducción de glucosa en sangre y del nivel de colesterol (Soto, 2010).

Tabla 12. Evaluación de las botanas, la de maíz y la de garbanzo con maíz como alimento funcional

Muestra	Fenoles (mg EAG/g mtra)	Capacidad antioxidante (%)	Almidón resistente (%)	Fibra dietética (%)
Harina de maíz	1.13 ± 0.02 ^a	83.33 ± 0.23 ^a	8.51 ± 0.04 ^a	9.5 ± 0.72 ^a
Harina de garbanzo	2.03 ± 0.06 ^b	88.83 ± 0.05 ^a	15.27 ± 0.14 ^b	18.59 ± 0.44 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.5 Evaluación sensorial (Prueba de preferencia)

En la Tabla 13 se muestra el puntaje obtenido de la evaluación sensorial de las botanas propuestas.

Los resultados de la prueba de preferencia (Anexo 3) realizados a 100 jueces no entrenados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las tres formulaciones propuestas, es decir, se puede seleccionar cualquiera de las formulaciones.

Y como se busca la botana con el mayor contenido de garbanzo, se pensó en seleccionar la de 90 % sin embargo, al revisar los comentarios de la botana a los jueces solo les había agradado el sabor, pero no la textura y la formulación con 70 % tuvo buenos comentarios es cuanto a sabor y textura.

Tabla 13. Resultados de evaluación sensorial de las botanas propuestas

Muestra	Código 050	Código 070	Código 090
Sumatoria de puntos obtenidos de la prueba sensorial de preferencia	209 ^a	203 ^a	187 ^a

3.6 Prueba de resistencia mecánica

Los resultados de los tiempos en los que la botana tardaba en quebrarse con queso, cátsup y salsa se muestran en la Tabla 14, en donde se puede observar que, si existen diferencias estadísticamente significativas entre cada formulación, esto quiere decir que la adición de sólidos granulares de garbanzo esta proporcionando dureza a la botana.

Las diferentes formulaciones mostraron que, al aumentar el contenido de harina de garbanzo, la botana no se humedece tan rápido y por ende tarda en quebrarse, esto resulta una ventaja ya que al ser transportadas no se quiebran fácilmente, como las botanas comerciales o hechas solo a base de harina de maíz.

Esto puede deberse a la capacidad de absorción de agua, la cual se define como la cantidad de agua que se puede unir por unidad de peso de proteína y depende de la disponibilidad de aminoácidos polares. Esto es importante para disminuir el agua disponible y prolongar la vida de anaquel. Las proteínas de legumbres mejoran la textura y minimizan la ruptura de algunos productos (Boletín, 2022).

Tabla 14. Prueba de resistencia de las botanas propuestas adicionadas con harina de garbanzo

	Formulación 50% HM - 50% HG	Formulación 30% HM - 70% HG	Formulación 10% HM- 90% HG
Queso amarillo	17 min	19.32 min	20.18 min
Catsup	9.34 min	14.54 min	16.24 min
Salsa	2.49 min	5.15 min	6.91 min
Queso, catsup y salsa	7.25 min ^a	9.84 min ^b	11.56 min ^c

3.7 Análisis Químico Proximal de la botana control y la seleccionada

En la Tabla 15 se observan los resultados, en donde la botana control presentó diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) con la botana de garbanzo, en casi todos los componentes químicos analizados a excepción de los carbohidratos.

El contenido de humedad de ambas botanas fue bajo, según lo reportado por López, (2020) el contenido de humedad de 6 botanas diferentes permaneció en un rango de 1.25-3.74, esto resulta beneficioso ya que teniendo un buen control en su almacenamiento conservará sus propiedades de textura como son la dureza, fracturabilidad y firmeza, incrementando así la vida útil de la botana (Castro, 2014).

El contenido de proteína aumentó en la botana con la harina de garbanzo, esto es bueno ya que, la calidad de la proteína de los cereales es baja debido a las cantidades limitadas de aminoácidos esenciales, especialmente lisina, mientras que las harinas de legumbres carecen de aminoácidos esenciales que contienen azufre, como la metionina y la cisteína y al combinar ambas harinas puede haber una complementación en el tostito (Tas, 2021).

El contenido de lípidos fue mayor en la botana elaborada con harina de garbanzo, esto es lo que se esperaba, ya que, al realizar el análisis químico proximal de la materia prima, el garbanzo obtuvo 4 veces mayor grasa que la harina de maíz. Es importante considerar que, la grasa del garbanzo contiene ácidos grasos libres, di y tri glicéridos, fosfolípidos, esteroides, glucolípidos y lipoproteínas (Valencia, 2009). Este tipo de grasas, resultan beneficiosas para el organismo debido a que ayudan a cumplir funciones de carácter metabólico, previenen enfermedades del corazón y

reducen niveles plasmáticos de colesterol (Torres *et al.*, 2015).

En el contenido de cenizas hubo diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), la botana con garbanzo al 70%, tuvo más que la botana control. El garbanzo es una excelente fuente de minerales como: calcio, fósforo, magnesio, hierro y potasio, siendo el hierro el mineral con la mayor bio-disponibilidad (91 %) con respecto otras legumbres (Tas, 2021).

En cuanto al contenido de fibra en las botanas se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ambas ($P \leq 0.05$), la botana control obtuvo casi 3 puntos más de fibra. La fibra cruda son todas aquellas sustancias orgánicas no nitrogenadas, que no se disuelven tras hidrólisis sucesivas; una en medio ácido y otra en medio alcalino. La fibra cruda contribuye de manera esencial al tránsito intestinal y regula la saciedad en nuestro cuerpo (Lupano, 2013).

Tabla 15. Análisis químico proximal de la botana control y seleccionada

Muestra	Humedad (%)	Proteínas (%)	Grasa (%)	Cenizas (%)	Fibra cruda (%)	CHO' s totales (%)
Tostito control (100% HM)	2.26 ± 0.39 ^a	5.64 ± 0.43 ^a	5.10 ± 0.25 ^a	3.99 ± 0.03 ^a	8.19 ± 0.5 ^a	74.82 ^a
Tostito formulación seleccionada 70% HG - 30% HM	3.8 ± 0.10 ^b	8.51 ± 0.09 ^b	6.52 ± 0.10 ^b	4.51 ± 0.11 ^b	5.29 ± 0 ^b	71.37 ^a

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

HG= Harina de garbanzo

HM= Harina de maíz

3.8 Análisis de calidad nutrimental de la botana control y la seleccionada

Los resultados del análisis de calidad nutrimental se muestran en la Tabla 16, se determinó la digestibilidad *in vitro* de la botana seleccionada y la control, los resultados mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre ambas; la digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que

corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos, etc.) en el intestino (Trejo, 2015).

Los resultados obtenidos del triptófano mostraron que existen diferencias estadísticamente significativas entre la botana control y la seleccionada, esto quiere decir que la adición del garbanzo a la botana a base de cereal elevó el contenido de triptófano del producto final; este es un resultado esperado causado por el mayor contenido de proteína en las legumbres. El triptófano es un aminoácido esencial en la nutrición humana, ya que nuestro organismo no puede sintetizarlo, es también un precursor imprescindible para la síntesis de serotonina (Tas, 2021).

En cuanto al almidón total se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, presentando una menor cantidad el producto seleccionado, esto resulta favorable ya que los almidones de las legumbres presentan una alta tendencia a la retrogradación. Esto hace que los almidones de las legumbres sean más resistentes a la acción de las enzimas digestivas lo que resulta en valores de índice glucémico más bajos, contribuyendo a disminuir la rapidez con la que el alimento puede elevar el nivel de azúcar (glucosa) en la sangre (Tas, 2021).

Los resultados obtenidos de almidón digerible mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$), presentando un menor porcentaje en el producto seleccionado. La presencia de este tipo de almidón en mayor cantidad es malo porque permitirá que la digestión y absorción de carbohidratos sea más rápida y su índice glucémico más alto (Quiroga, 2008).

Tabla 16. Análisis de calidad nutrimental de la botana control y la seleccionada

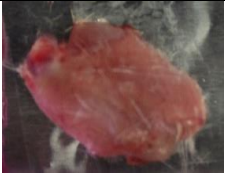

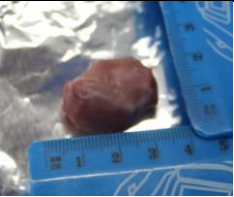
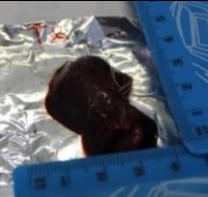

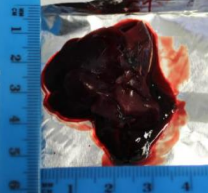
Muestra	Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	Triptófano (g Trp/ 100 g proteína)	Almidón total (%)	Almidón digerible (%)
Tostito control	84.44 ± 1.3 ^a	0.49 ± 0.005 ^a	64.13 ± 3.21 ^a	56.48 ^a
Tostito 70 % HG - 30 % HM	82.18 ± 2.6 ^a	1.04 ± 0.09 ^b	42.38 ± 1.12 ^b	36.45 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

3.9 Relación de eficiencia proteica (PER) y Digestibilidad *in vivo*

En la Tabla 17 se observan las imágenes del musculo e hígado de las ratas que obtuvieron mayor peso, los resultados muestran que se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre los pesos de los músculos, en donde el musculo de la proteína control obtuvo mayor peso, mientras que en el peso de los hígados el tostito control obtuvo menor peso y presento diferencias estadísticamente significativas en comparación con la caseína y la botana seleccionada.

Tabla 17. Pesos e imágenes de hígados y músculos de botana control y seleccionada

	Imagen de musculo	Peso (g)	Imagen de hígado	Peso (g)
Tostito control 100% maíz		2.33 ^a		1.53 ^a
Tostito seleccionado 70% HG – 30% HM		4.09 ^b		7.73 ^b
Caseína		6.24 ^c		7.37 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

Los datos de PER mostrados en la Tabla 18, de las dos botanas tuvieron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$). El PER del tostito seleccionado fue casi tres veces mayor, esto quiere decir que la adición del garbanzo resulto favorable en la calidad de la proteína. Según Friedman (1996) un PER por debajo de 1.5 indica una proteína de baja o mala calidad; entre 1.5 y 2.0, una calidad intermedia; y superior a 2.0, alta calidad. Por lo tanto, la botana seleccionada contiene una proteína de alta calidad.

La FAO ha establecido que una baja digestibilidad se considera un valor de 79% o menor, aunque para alimentos de origen vegetal se considera buena. La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles.

En el Anexo 5 se muestran los pesos y las imágenes de hígado y músculo de las ratas alimentadas con la botana control (100 % Harina de maíz) la botana seleccionada (70 % Harina de garbanzo-30 % Harina de maíz) y la proteína control (caseína).

Tabla 18. Relación de eficiencia proteica (PER), PER ajustado y digestibilidad in vivo de la botana control y la seleccionada

Muestra	PER	PER ajustado	Digestibilidad <i>in vivo</i> (%)
Tostito control 100% maíz	0.54±0.08 ^a	0.42 ^a	86.88 ^a
Tostito seleccionado 70% HG – 30% HM	3.49±0.44 ^b	2.65 ^b	78.31 ^a

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

HG- Harina de garbanzo

HM- Harina de maíz

3.10 Evaluación de factores antinutrimientales

Las legumbres contienen factores antinutricionales los cuáles inhiben la absorción de nutrientes, disminuyendo su digestibilidad y biodisponibilidad e imparten sabor desagradable, amargo e inaceptable a los productos alimenticios. Sin embargo, pueden ser inactivados o reducidos por el proceso de cocción (Tas, 2021). Los resultados de estos factores se muestran en la Tabla 19.

Los resultados de taninos mostraron diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$), en donde la botana seleccionada presentó un mayor porcentaje, esto es lo que se esperaba por la adición del garbanzo. Los valores de taninos determinados en las botanas son bajos y no presentan riesgo para la salud ya que se consideran tóxicos en proporciones de 5 a 20 %.

Los resultados de ácido fítico no mostraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$).

Los valores de ácido fítico determinados en las botanas son bajos, ya que se consideran tóxicos en proporciones de 27.5 %, esto quiere decir que una persona de 60 kg puede consumir hasta 165 g para que la botana no presente un riesgo a la salud (Perelló, 2004).

En cuanto al contenido de inhibidores de tripsina para la botana control y la seleccionada no fue detectable, esto podría ser porque fueron inactivados durante el procesamiento de extrusión de las semillas y el tratamiento térmico (horneado), el cuál promueve la ruptura de los enlaces intermoleculares responsables de mantener la estructura terciaria de los Inhibidores de tripsina (Avilés, 2017).

Tabla 19. Factores antinutrimientales de la botana control y seleccionada

Muestra	Taninos (%)	Ácido fítico (%)	Inhibidores de tripsina (UTI/MG)
Tostito control 100% HM	0.053±0.007 ^a	3.39±0.12 ^a	ND
Tostito seleccionado 70% HG- 30%HM	0.085±0.003 ^b	3.26±0.01 ^a	ND

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

HG- Harina de garbanzo

HM- Harina de maíz

3.11 Evaluación de la botana como alimento funcional

En la Tabla 20 se muestran los resultados obtenidos de las botanas. En cuanto a los fenoles no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre ambos productos, esto quiere decir que ambos tienen compuestos antioxidantes y por lo tanto pueden prevenir enfermedades crónico-degenerativas (Pérez *et.al.*, 2018).

En cuanto a los resultados de capacidad antioxidante se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las dos botanas, la botana seleccionada presento 10 puntos más de capacidad antioxidante comparada con la botana control; esto es bueno porque los antioxidantes son sustancias que previenen la oxidación y ayudan al mantenimiento de la integridad celular, inactivando los radicales libres que causan daño celular (NOM 043, 2005).

El contenido de fibra dietética mostró diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.05$) entre las muestras, en donde la botana seleccionada presentó casi nueve puntos más de fibra, esto se debe a la adición del garbanzo ya que se caracteriza por su alto contenido de fibra. Los polisacáridos vegetales y la lignina son considerados como fibra dietética, que son resistentes a la hidrólisis por los enzimas digestivos del ser humano y gran parte de este contenido se encuentra en la cubierta de la semilla (Carreras *et al.*, 2016). Esto resulta ser un beneficio, ya que se ha

demostrado que la fibra dietética juega un papel importante en la prevención de varias enfermedades, y las dietas con un alto contenido de estos compuestos tienen un efecto positivo en la salud ya que el consumo se ha relacionado con una menor incidencia de varios tipos de cáncer, enfermedades coronarias, diabetes y problemas digestivos. Al agregar legumbres a las harinas de cereales aumentará el contenido de fibra dietética en la botana final (Ruíz, 2016).

Tabla 20. Evaluación de las botanas como alimento funcional

Muestra	Fenoles (mg EAG/g mtra)	Capacidad antioxidante (%)	Almidón resistente (%)	Fibra dietética (%)
Tostito control	1.25 ± 0.02 ^a	69.1 ± 0.69 ^a	7.65 ± 0.36 ^a	10.59 ± 1.17 ^a
Tostito 70 % HG - 30 % HM	1.44 ± 0.02 ^a	82.97 ± 0.47 ^b	5.93 ± 0.55 ^b	18.50 ± 0.51 ^b

Nota: letras diferentes en la misma columna indican diferencia estadísticamente significativa ($P \leq 0.05$)

HG- Harina de garbanzo

HM- Harina de maíz

3.12 Evaluación sensorial (Prueba de nivel de agrado)

El análisis sensorial de nivel de agrado realizado a 100 jueces no entrenados (Tabla 21), mostró que la botana con 70 % Harina de garbanzo y 30 % harina de maíz tuvo una buena calificación y aceptación para un nuevo producto por parte del consumidor (Anexo 4).

Tabla 21. Resultados de la evaluación sensorial

	Número de jueces	Calificación	Aceptación
F. seleccionada (70% H. garbanzo-30 %H. maíz)	100	7.5	77 %

Determinando así que la botana elaborada con 70 % harina de garbanzo y 30 % harina de maíz, (Figura 45) además de poseer una mejor calidad nutrimental y funcional en comparación con una botana control elaborada con 100% de harina de

maíz, es un producto que tiene la posibilidad de tener éxito en el mercado ya que obtuvo un buen porcentaje de aceptación.



Figura 45. Botana tipo tostitos.

4. CONCLUSIONES

- El análisis de la materia prima mostró que la harina de garbanzo tiene mejor composición química, calidad nutrimental y funcional ya que tuvo mayor contenido de proteínas, grasa, fibra, cenizas, fenoles, capacidad antioxidante, almidón resistente y fibra dietética en comparación con la harina de maíz.
Por lo que la harina de garbanzo es un buen complemento para mejorar la calidad de una botana realizada solo con harina de maíz.
- Se pudo elaborar una botana tipo “tostito” con harina de garbanzo en proporciones de hasta un 90 %, conservando buenas características sensoriales.
Sin embargo, a través de la prueba de preferencia la formulación seleccionada como la mejor en cuanto a sabor y textura fue la que contenía un 70 % harina de garbanzo y 30 % de maíz.
- La formulación seleccionada presentó mejor composición química, calidad nutrimental y funcional en comparación con la botana control elaborada con 100 % de harina de maíz, ya que el contenido de proteína, grasa, cenizas y fibra fue mayor; así como el contenido de triptófano, fenoles, capacidad antioxidante, una alta digestibilidad *in vivo* y un valor alto de PER.
Esto resulta benéfico ya que este tipo de productos ayuda a evitar algunas enfermedades que se están generando por consumir botanas a base de cereales que tienen alto contenido calórico.
- La botana elaborada con la formulación seleccionada tuvo una aceptación del 77 % y una calificación de 7.5 en una escala del 1 al 10, por lo que se concluye que el producto podría ser comercializado en un futuro.
Este tipo de productos podría ayudar a que el consumo de esta legumbre aumente y los valores nutrimentales sean aprovechados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo, R. (2016). Elaboración de una botana “tipo churrito” a base de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y maíz (*Zea mays L.*). Tesis para obtener el título de ingeniera en alimentos. UNAM.

Agricultura. (2019). Productos artesanales de maíz. Fecha de consulta: Mayo, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/productos-artesanales-de-maiz?idiom=es>

Aguilar, R. Vélez, R. (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum L.*). Temas selectos de ingeniería en alimentos. 25:34

Aguilera, Y. (2009). Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización nutricional y valoración de sus propiedades tecno-funcionales. Tesis doctoral. UAM.

Alamy, 2022. Chicle multicolores. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://www.alamy.es/monton-de-chicle-multicolores-aislado-sobre-fondo-blanco-image234623331.html?imageid=073FE17A-BF84-4F84-A58C-E3792C01BA28&p=436600&pn=2&searchId=c94f9ddb91fe86f37f137614f1845ef5&searchtype=0>

Alibaba (2022). Garbanzo tipo Desi. Recuperado de: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Desi-Chickpea-1600198000089.html>

Amador, K. (2015). Desarrollo y evaluación alimentaria y funcional de totopos adicionados con huitlacoche. Centro de ciencias básicas. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. Recuperado de: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/440>

A.O.A.C. (1990). Official methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists, Eds Howintz W., Washington (Método 960.48).

A.O.A.C. (2005). Association Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. Eds Howitz W, Washington, D.C.

Astiasarán I. y Martínez J.A. (2003). “Alimentos, composición y propiedades”. Editorial McGraw Hill interamericana, primera edición, España 2:310 - 315.

Avilés S. (2017). Efecto de agentes reductores y/o procesamiento térmico sobre la actividad de inhibidor de tripsina y solubilidad de concentrados proteicos de soya o garbanzo. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Tecnológico de Monterrey.

Badui, S. (2013). Química de los alimentos (5ª. Ed) México: Pearson.

Boletín, (2022). ¿Cómo las leguminosas pueden ser aliadas en el desarrollo de productos más saludables? Alianzas leguminosas para la salud. Fecha de consulta: Julio, 2022. Recuperado de:
<http://www.alianzaleguminosas.org/assets/pdf/ManualAlianzaIndustria.pdf>

Boletín UNAM, (2021). México, entre los primeros lugares a nivel mundial en obesidad y sobrepeso. Fecha de consulta: Noviembre, 2022. Recuperado de:
https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2021_857.html

Bressani, R. (2008). "Cocción por extrusión de alimentos complementarios a base de maíz y leguminosas de grano secas, maduras e inmaduras sobre su valor tecnológico y nutritivo". FONACYT.

Burge, R.M. y Duensing, W.J. (1989). Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran. *Cereal Foods World* 34: 535-538.

Carbajal, C. (2017). Minerales. Manual de Nutrición y Dietética. Universidad Complutense de Madrid, España.

Carreras J, Mazzuferi V, Karlin M. (2016). El cultivo de Argentina en garbanzo. Universidad Nacional de Córdoba. 1a ed. 567 p.

Castro, E. (2014). Calidad sanitaria de botanas de maíz nixtamalizado. Tesis para obtener el título de ingeniera en alimentos. UNAM.

Castro, L. (2019). Desarrollo de una botana saludable a partir de maíz azul (*Zea mays L*) y chía (*Salva hispánica L*). Tesis para obtener el grado de maestro en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma de Sinaloa.

Cerdas, M. (2020). Determinación del valor energético y las fracciones digeribles del almidón de tres variedades de chayote (*sechium edule*) de cultivo y consumo usual en costa rica con diferentes grados de madurez y cocción. Tesis de posgrado. Universidad de Costa Rica.

CIATEJ (2020). Botanas y salsas, saludables y novedosas. Recuperado de:
<https://www.ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Botanas-y-Salsas--saludables-y-novedosas/192>

Click abasto (2022). Harina de maíz nixtamalizada. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://clickabasto.com/products/harina-de-maiz-nixtamalizada>.

Clemente (1998). Estudio de la calidad proteica de la semilla de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) var. Athenas: Obtención de aislados e hidrolizados proteicos. Memoria para obtener el grado de doctor en biología. Universidad de Sevilla.

Cocina fácil (2022). Fécula de maíz. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://www.cocinafacil.com.mx/tips-de-cocina/fecula-de-maiz/>

CONACYT. (2019). Maíz. Fecha de consulta: noviembre 2022. Recuperado de: <https://conacyt.mx/cibiogem/maiz#:~:text=El%20tallo%20es%20simple%20erecto,se%20realiza%20un%20corte%20transversal>

CONACYT. (2019). Fecha de consulta: Julio, 2022. Recuperado de: <https://www.cyd.conacyt.gob.mx/?p=articulo&id=198#:~:text=En%20M%C3%A9xico%20el%20consumo%20anual,consumir%20alrededor%20de%2025%20kg>.

CUNNIF, P. (1995). Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th edition USA.

Curiosfera, 2022. Historia de las palomitas. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://curiosfera-historia.com/historia-de-las-palomitas-de-maiz/>

Depositphotos (2022). Nachos. Fecha de consulta: Julio, 2022. Recuperado de: <https://sp.depositphotos.com/49753763/stock-photo-pile-of-nachos.html>

Depositphotos (2022). Plato de cereal de hojuela. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://sp.depositphotos.com/stock-photos/plato-cereal-hojuelas.html>.

Díaz, O. (2020). Propiedades nutricionales y funcionales de los alimentos. Universidad católica Los Ángeles de Chimbote.

Dreamstime (2022). Garbanzos Kabuli de México. Fecha de consulta: Julio, 2022. Recuperado de: <https://es.dreamstime.com/garbanzos-kabuli-de-m%C3%A9xico-ndash-nbsp-manojo-garbanzo-blanco-pila-superalimento-vista-superior-top-view-closeup-macro-desde-image215674684>

Dreamstime (2022). Caramelos de maíz de diente. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://es.dreamstime.com/foto-de-archivo-caramelos-del-ma%C3%ADz-del-diente-image54544414>

Echeverría, A. Triana, A. Rivero, D. Rodríguez, A. Martínez, B. (2019). Control biológico de la marchitez, INCA, 40, 1–106.

Espinoza, W. (2018). Los cereales como fuente de alimentación primaria para la humanidad. Multi-Ensayos. 4:7.

FAO, (1993). El maíz en la nutrición humana. Fecha de consulta: Diciembre, 2022. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/t0395s/t0395s00.htm>

FAO, (2011). Biodiversity for food and agriculture. Contributing to food security and sustainability in a changing world. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the Platform for Agrobiodiversity Research. Recuperado de: <http://www.food-security.nl/resource/biodiversity-food-and-agriculture-contributing-food-security-and-sustainability-changing-wo>

FAO, (2016). Legumbres. Semillas nutritivas para un futuro sostenible. Fecha de consulta: Abril, 2023. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i5528s/i5528s.pdf>

FAO, (2021). Beneficios nutricionales de las legumbres. Fecha de consulta: Diciembre, 2022. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/i5384s/i5384s.pdf>

FAO, (2022). Composición química general de distintos tipos de maíz. Fecha de consulta: Mayo de 2022. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/t0395s/T0395S03.htm#Capitulo%20%20Composici%C3%ADn%20qu%C3%ADmica%20y%20valor%20nutritivo%20del%20ma%C3%ADz>

Fernández Ibarra R, García Guerrero D, de la Rosa Millán J, Chávez Murillo C. (2018). Botanas de Harina de Maíz Nixtamalizado y Hortalizas: Caracterización Nutricional Parcial. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos. 3: 436-440

Fideicomiso de Riesgo Compartido (2018). Garbanzo, leguminosa llena de beneficios para la salud. Fecha de consulta: Noviembre, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/firco/articulos/garbanzo-leguminosa-llena-de-beneficios-para-la->

Hernández M, (2021). Investigación documental sobre el efecto de harinas de garbanzo y adición de gomas en pan, muffin y galletas. Tesis para obtener el título de ingeniera en alimentos. UNAM.

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

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

INEGI, (2019). Encuesta nacional de salud y nutrición. Fecha de consulta: abril 2022. Recuperado de:
https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ensanut/2018/doc/ensanut_2018_diseno_conceptual.pdf

ISO 9640, (1988). Determinación del contenido de taninos en sorgo. International Organization of Standardizations. ISO/DIS9648, 175-215.

Jukanti, A. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition.* 2012; 108 Suppl 1:S11-S26.

Ka Kade ML, Rackis JJ, McGhee JE, Puski G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy product: A collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chemistry.* 51:376-381.

Londoño, J. (2012). Antioxidantes: Importancia biológica y métodos para medir su actividad. Corporación Universitaria Lasallista. Capítulo 9. Parte III. Antioquia–Colombia.

López, L. (2020). Desarrollo y caracterización de una botana horneada elaborada a partir de harina de maíz nixtamalizado y salvado de arroz estabilizado. Tesis para obtener el título en licenciado en nutrición. IPN.

Lupano, C. (2013). Modificaciones de componentes de los alimentos: Cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento. - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata.

Manickavasagan, A., Thirunathan, P. (2020). Pulses: Processing and Product Development In S. Ahmad, K. Muzaffar, S. Ashraf, I. Gupta, S. Ahmad (Eds), Chickpea, India: *Springer*, pp 55-71.

Manrriquez, J. (2022). La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos – su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. Fecha de consulta: Diciembre, 2022. Recuperado de:
<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ey32VNskyE0J:https://www.fao.org/3/ab482s/ab482s08.htm&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>

Martínez – Manrique y Jiménez - Vera. (2013). ¿Qué son los cereales? Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de:
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=4

Melo, S. (2019). Desarrollo de una botana a base de jícama, chayote y quelite que diversifique el consumo de productos hortícolas. Tesis para obtener el título de ingeniera en alimentos. UNAM.

Moctezuma-López, Espinosa-García, Cuevas-Reyes, Jolalpa-Barrera, Romero-Santillán, Vélez-Izquierdo, Bustos-Contrera. (2010). Innovación tecnológica de la cadena agroalimentaria de maíz para mejorar su competitividad: estudio de caso en el estado de Hidalgo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.1 no1

Nadal, S., Moreno, M.T., Cubero, J. I. (2004). Las leguminosas grano en la agricultura moderna (1ra ed.), Madrid, España: Mundi-Pren.

NOM-043-SSA2-2005, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación.

Okutama, H., Zhang, H. L., Nagatsu, & Watanabe, T. (1997). Antioxidative compounds isolated from safflower (*Carthamus tinctorius L.*) oil cake. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 45(12), 1910-1914.

Oteiza, B. (2017). Receta de Totopos para preparar nachos mexicanos caseros. Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de:
<https://www.hogarmania.com/cocina/recetas/aperitivos/totopos-para-preparar-nachos-mexicanos-33667.html>

Perelló J. (2004). Fitato: Estudios sobre su actividad biológica y los efectos sobre la presencia de las calcificaciones patológicas. Tesis Doctoral. Universidad de las Illes

Balears.

Perez, Perez M. García-Borbón L. González-Vega R. Rodríguez-Figueroa¹ J. Rosas-Burgos E. Huerta-Ocampo J. Ruiz-Cruz S. Wong-Corral F. Borboa-Flores J. Rueda-Puente E. Del-Toro-Sánchez C. (2018). Liberación de compuestos fenólicos ligados en el garbanzo (*cicer arietinum L.*) utilizando microbiota humano intestinal. *Biotecnia*, Volumen XX, número 3.

Ponce, N. E., Polloreña, G., Rosas, C., Mariel, V. (2017). Composición química, características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo (*Cicer arietinum l.*) blanco sinaloa 92. *Agrociencia*, 53, 35–44.

Procuraduría Federal del consumidor (2022). Di no a la obesidad, pero sí al ejercicio. Fecha de consulta: noviembre 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/profeco/documentos/di-no-a-la-obesidad-pero-si-al-ejercicio?state=published>

PROY-NOM-216-SSA1 - 2002. Productos y servicios. Botanas. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

Quiroga, L. C. (2008). Los almidones resistentes y la salud. *Investigación y desarrollo*, 8 (1): 131-142.

Rama Rao, M.V., Tara, M, R., Krishanan, C. K. (1974). Colometric estimation of tryptophan contend of pulses. *Journal of Food Science and Technology*. 11:213-216

Ramírez, J. (2012). Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *Revista ReCiTeIA*.

Revista del consumidor. (2015). Palomitas de maíz. Fecha de consulta: Mayo 2022. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100360/RC463_Laboratorio-Palomitas.pdf

Rodríguez, A. (2017). Desarrollo de una botana expandible enriquecida baja en grasa. Tesis doctoral. IPN.

Rodríguez, Y. (2018). Elaboración de botanas tipo tortillas chip a partir de harinas de maíz y amaranto enriquecidas con fibra de cacahuete. Tesis para obtener el título en Ingeniera en alimentos. UNAM.

Ruíz, L. (2016). Fibra dietética: Definición, beneficios y métodos de cuantificación. Trabajo monográfico de actualización que para obtener el título de química de alimentos. UNAM.

Ryland, D., Vaisey-Genser, M., Arntfield, S. D., Malcolmson, L. J. (2010). Development of a nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils. *Food Research International*. 23: 642-649

Safont, S. (2003). Triptófano: aminoácido amigo. *Naturam*, 21(1):34-38.

Sánchez I, (2014). Maíz I (*Zea Mays*). Facultad de Biología, Universidad Complutense. Serie botánica. 7 (2): 151-171.

Santiago, L. (2019). Influencia de los compuestos fenólicos en la actividad antioxidante de hidrolizado proteico obtenido de semilla de garbanzo. Tesis que para obtener el título de Ingeniero bioquímico. IPN.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Maíz, frijol, arroz y trigo, los granos básicos de México. Fecha de consulta: noviembre 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/maiz-frijol-arroz-y-trigo-los-granos-basicos-de-mexico#:~:text=Producci%C3%B3n%202021%3A%2027.5%20millones%20de,Principalestado%20productor%3A%20Sinaloa>.

Secretaría de Bienestar, (2019). Maíz, la planta sagrada de México para el mundo. Fecha de consulta: octubre, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/bienestar/es/articulos/maiz-la-planta-sagrada-de-mexico-para-el-mundo?idiom=es>

Secretaría de Salud, (2018). Sobrepeso y obesidad, factores de riesgos para desarrollar diabetes. Fecha de consulta: Agosto, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/salud/es/articulos/sobrepeso-y-obesidad-factores-de-riesgos-para-desarrollar-diabetes?idiom=es>

Serna-Saldivar. O. S., Rooney L. W. (1992). Wheat Flour Tortilla production. *Cereal Foods World*. 33:10 855:864

SIAP, (2016). Garbanzo. Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-garbanzo-grano-alimento-con-mucha-riqueza-nutritional-y-produccion-en-constante-crecimiento>

SIAP, (2016). Planta de garbanzo. Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-garbanzo-grano-alimento-con-mucha-riqueza-nutritional-y-produccion-en-constante-crecimiento>.

SIAP, (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Fecha de consulta: Abril, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-garbanzo-grano-alimento-con-mucha-riqueza-nutritional-y-produccion-en-constante-crecimiento>.

SIAP, (2019). Dioses hechos de maíz. Fecha de consulta: Julio, 2022. Recuperado de: <https://www.gob.mx/siap/articulos/dioses-hechos-de-maiz?idiom=es>

SIAP, (2020). Producción del garbanzo en el país. Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

SIAP, (2022). Avance de siembra y cosecha del maíz. Fecha de consulta: mayo 2022. Recuperado de: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

Soto V. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*musa cavendishii*) y banana verde (*musa paradisíaca*). Revista boliviana de México. Vol 27 94:99.

Statista, (2023). Consumo anual per cápita de algunos granos y cereales en México en 202, por tipo. Fecha de consulta: febrero 2023. Recuperado de: <https://es.statista.com/estadisticas/592154/consumo-aparente-de-los-principales-cultivos-basicos-en-mexico/#:~:text=En%202021%2C%20el%20ma%C3%ADz%20fue,de%20aproximadamente%20346%2C5%20kilogramos>.

Tas, A. (2021). La sustitución de cereales por legumbres en los snacks extruidos: Ciencia, tecnología y retos. Trends in food science & technology. Volumen 116. 701-711.

The Food Tech. (2023). Botanas y dulces: Las opciones veganas y naturales ganan en el mercado en el 2023. Fecha de consulta: Marzo, 2023. Recuperado de: <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/botanas-y-dulces-las-opciones-veganasy-naturales-ganan-el-mercado-en-2023/>

Torres J, Durán S. (2015). Fosfolípidos: propiedades y efectos sobre la salud. Nutrición hospitalaria. 31(1) 76:83

Trejo, B. (2015). Digestibilidad in vitro de tres leguminosas tropicales por efecto de época del año y edad al corte. Tesis para obtener el título de médica veterinaria zootecnista. UNAM.

Uncomo (2022). Gelatina de fresa. Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://www.mundodeportivo.com/uncomo/comida/receta/como-hacer-gelatina-de-fresa-33931.html>

UNICEF (2016). Salud y nutrición. Fecha de consulta: Mayo, 2022. Recuperado de: <https://www.unicef.org/mexico/salud-y-nutrici%C3%B3n#:~:text=1%20de%20cada%20%20ni%C3%B1as,norte%20y%20en%20comunidades%20urbanas.>

Valencia, B. (2009). Evaluación técnica financiera de la industrialización del garbanzo (*cicer arietinum*) usando un proceso extrusión. Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional.

Valenzuela, P. (2009). Elaboración de una barra nutritiva a base de garbanzo y trigo con relleno de mango y evaluación de su calidad. Tesis para obtener el grado en maestro en ciencias. CIAD.

Villafañe, F. (2020). El aceite de maíz ¿Es sano? Fecha de consulta: Julio 2022. Recuperado de: <https://mejorconsalud.as.com/aceite-maiz-es-sano/>

Wood, J. A., Grusak, M. A. (2007). Chickpea Breeding and Management In S.S. Yavad, R. Redden, W. Chen, B. Sharma (Eds.), Nutritional Value of Chickpea, London, UK: CABI, pp 101–142.

ANEXOS

Anexo 1

Prueba sensorial de preferencia de tostitos

Edad: _____ Sexo: H / M Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba y posteriormente entre degustación consuma una porción de agua.

INSTRUCCIONES: Pruebe las muestras y ordene según su preferencia otorgándole un valor del 1 al 3, considerando como 1 = La que menos le gusta y 3= La que más le gusta. No se permiten empates. En el espacio de abajo, explique brevemente porqué tomó esa decisión.

Muestras: 050 070 090
 _____ _____ _____

¿Por qué?

GRACIAS

Anexo 2

Prueba de nivel de agrado

Edad: _____ Sexo: Hombre/ Mujer Fecha: _____

NOTA: Tome agua antes de iniciar la prueba

INSTRUCCIONES: Pruebe la botana y sobre la línea indique con una "X" su nivel de agrado hacia el producto. En el espacio de abajo, explique brevemente porque tomo esa decisión.

Escala

Disgusta mucho

Es indiferente

Gusta mucho

¿Por qué?

_____ ¡Gracias!

Anexo 3. Resultados de la prueba de preferencia


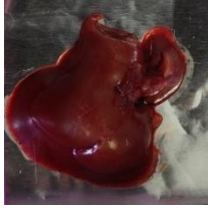


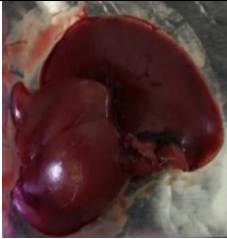

Juez	50	70	90	Juez	50	70	90	Juez	50	70	90	Juez	50	70	90
1	3	1	2	26	1	3	2	51	3	2	1	76	2	1	3
2	3	2	1	27	2	1	3	52	2	1	3	77	1	2	3
3	1	2	3	28	1	3	2	53	2	3	1	78	1	2	3
4	1	3	2	29	1	2	3	54	2	3	1	79	2	3	1
5	1	2	3	30	2	3	1	55	2	3	1	80	3	2	1
6	2	3	1	31	2	3	1	56	3	1	2	81	2	1	3
7	2	3	1	32	2	1	3	57	1	3	2	82	2	1	3
8	3	1	2	33	1	3	2	58	3	2	1	83	2	3	1
9	3	1	2	34	2	3	1	59	3	2	1	84	1	3	2
10	3	2	1	35	2	3	1	60	2	1	3	85	2	1	3
11	3	2	1	36	1	3	2	61	2	1	3	86	1	2	3
12	3	1	2	37	1	3	2	62	3	2	1	87	1	3	2
13	1	2	3	38	3	2	1	63	2	3	1	88	2	3	1
14	3	1	1	39	1	2	3	64	3	1	2	89	2	3	1
15	3	1	2	40	3	1	2	65	1	2	3	90	2	3	1
16	1	3	2	41	3	2	1	66	3	2	1	91	3	2	1
17	3	2	1	42	1	2	3	67	1	2	3	92	3	2	1
18	3	2	1	43	3	1	2	68	2	3	1	93	2	1	3
19	3	2	1	44	1	2	3	69	1	3	2	94	1	3	2
20	3	1	2	45	2	1	3	70	3	2	1	95	2	1	3
21	3	2	1	46	2	3	1	71	1	3	2	96	2	1	3
22	3	1	2	47	2	1	3	72	3	2	1	97	2	3	1
23	3	1	2	48	1	2	3	73	3	1	2	98	2	3	1
24	2	1	3	49	1	3	2	74	2	3	1	99	2	1	3
25	3	1	2	50	3	2	1	75	3	1	2	100	2	3	1
												Suma	209	203	187

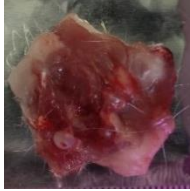
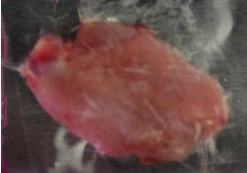
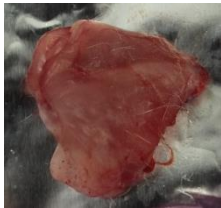
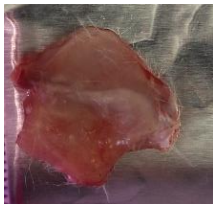


Anexo 4. Resultados de la prueba de nivel de agrado

Juez	Calificación	Juez	Calificación	Juez	Calificación
1	10	41	8.7	81	5.3
2	10	42	8.7	82	5.3
3	9.9	43	8.7	83	5.2
4	9.6	44	8.7	84	5.2
5	9.5	45	8.7	85	5.1
6	9.2	46	8.7	86	5.1
7	9.2	47	8.7	87	5
8	9.2	48	8.7	88	5
9	9.2	49	8.7	89	5
10	9.1	50	8.6	90	5
11	9.1	51	8.6	91	5
12	9.1	52	8.6	92	5
13	9.1	53	8.6	93	5
14	9	54	8.6	94	5
15	9	55	8.6	95	4.8
16	9	56	8.6	96	1.5
17	9	57	8.6	97	1.5
18	9	58	8.5	98	1.3
19	9	59	8.5	99	1.2
20	8.9	60	8.4	100	1
21	8.9	61	8.3	Promedio	7.587
22	8.9	62	8.2	Aceptabilidad	77%
23	8.9	63	8.1		
24	8.9	64	7.7		
25	8.9	65	7.6		
26	8.8	66	7.5		
27	8.8	67	7.5		
28	8.8	68	7.2		
29	8.8	69	7.2		
30	8.8	70	7.2		
31	8.8	71	7.2		
32	8.8	72	7.2		
33	8.8	7	7.2		
34	8.8	74	7.1		
35	8.8	75	7		
36	8.8	76	6.9		
37	8.8	77	6.7		
38	8.8	78	5.5		

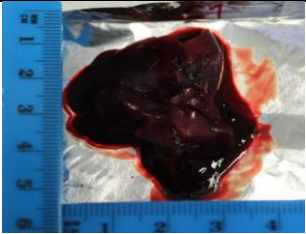
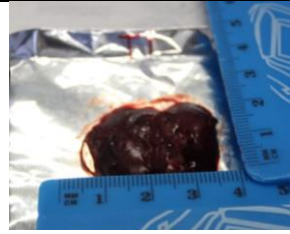

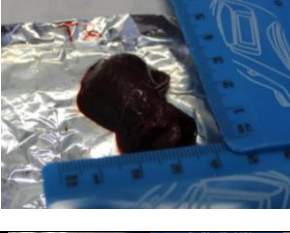
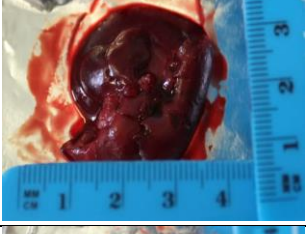
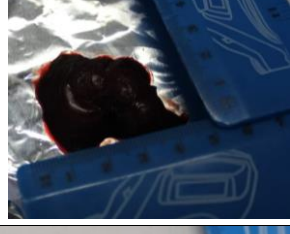
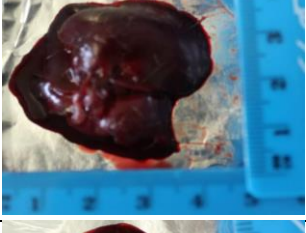
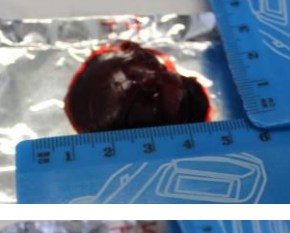
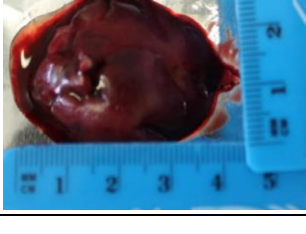
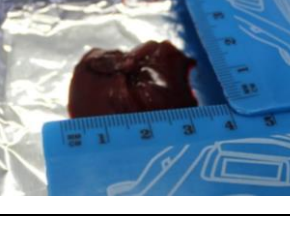
Anexo 5. Pesos de hígado y musculo de ratas

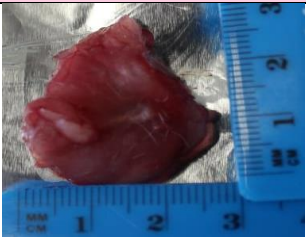


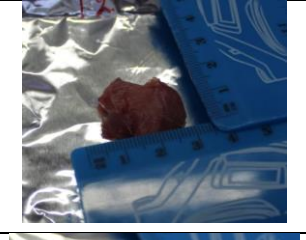

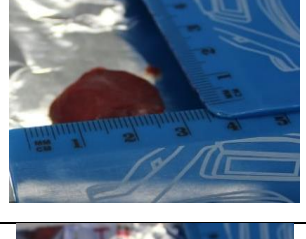
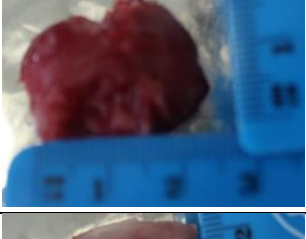
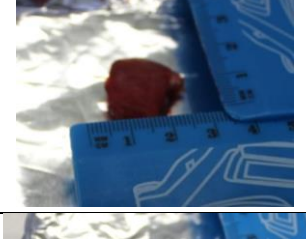

Peso ganado y fotografías de hígado y músculo de ratas Wistar macho alimentadas con una dieta de botana tipo tostito con harina de maíz vs dieta de caseína como proteína control.

Dieta con caseína como proteína control			Dieta de la botana control		
# Rata	Peso (g)	Fotografía del hígado	# Rata	Peso (g)	Fotografía del hígado
1	6.36		1	2.33	
2	6.54		2	2.33	
3	5.49		3	2.47	

Dieta con caseína como proteína control			Dieta de la botana control		
# Rata	Peso (g)	Fotografía del musculo	# Rata	Peso (g)	Fotografía del musculo
1	5.4		1	1.53	
2	5.5		2	1.27	
3	6.24		3	1.05	

Peso ganado y fotografías de hígado y músculo de ratas Wistar macho alimentadas con una dieta de botana tipo tostito con garbanzo vs dieta de caseína como proteína control.

Dieta con caseína como proteína control			Dieta de botana tipo tostito con garbanzo		
# Rata	Peso (g)	Fotografía del hígado	#Rata	Peso (g)	Fotografía del hígado
1	7.37 ^a		1	4 ^b	
2	7.28 ^a		2	7.73 ^a	
3	6.54 ^a		3	5.89 ^a	
4	7.35 ^a		4	5.10 ^b	
5	6.49 ^a		5	5.44 ^b	

Dieta con caseína como proteína control			Dieta de botana tipo tostito con garbanzo		
# Rata	Peso (g)	Fotografía del músculo	# Rata	Peso (g)	Fotografía del músculo
1	4.45 ^a		1	3.32 ^b	
2	4.18 ^a		2	3.40 ^b	
3	4.78 ^a		3	3.37 ^b	
4	3.27 ^a		4	2.98 ^a	
5	4.18 ^a		5	4.09 ^a	