



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

CAMPUS CALKINÍ

“Estabilidad oxidativa de aceite en botanas con harina de *Brosimum alicastrum* utilizando diferentes métodos de cocción y su almacenamiento”

TESIS

Que presenta:

Alejandro Farfán Coox

Como requisito para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Director de tesis:

DR. JORGE CARLOS CANTO PINTO

Co-Director de tesis:

DR. VICTOR MANUEL MOO HUCHIN

Calkiní, Campeche, México

Febrero, 2023





Instituto Tecnológico Superior de Calkiní, en el Estado de Campeche

Calkiní, Campeche a 24 de febrero de 2023.

El Comité de tesis del candidato (a) a grado: Alejandro Farfán Coox, constituido por CC. Dr. Jorge Carlos Canto Pinto, Dr. Victor Manuel Moo Huchin, Dr. Emilio Pérez Pacheco y Dr. Carlos Rolando Ríos Soberanis habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada **"Estabilidad oxidativa de aceite en botanas con harina de Brosimum alicastrum utilizando diferentes métodos de cocción y su almacenamiento"** que presenta como requisito para obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.15.5, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado del Tecnológico Nacional de México, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE



NOMBRE

DR. JORGE CARLOS CANTO PINTO



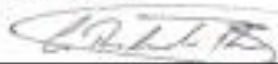
NOMBRE

DR. VICTOR MANUEL MOO HUCHIN



NOMBRE

DR. EMILIO PÉREZ PACHECO



NOMBRE

**DR. CARLOS ROLANDO RÍOS
SOBERANIS**

Av. Ah Canul vía por Carretera Federal - C. P. 24900 - Calkiní, Campeche
www.itescam.edu.mx - Tel: (981) 8293042 Fax: (981) 816730

DI-40-SS-03
Vigente desde Nov/2021
Revisión 03



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico Superior
de Calkiní en el Estado de Campeche
Dirección Académica

Calkiní, Campeche a 20 de febrero de 2023.

ASUNTO: Autorización de impresión de tesis

DR. DANY ALEJANDRO DZIB CAUICH
DIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

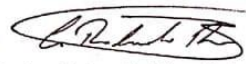
Por medio del presente, nos permitimos informar, que el comité tutorial ha concluido con la revisión de la tesis " ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITE EN BOTANAS CON HARINA DE BROSIMUM ALICASTRUM UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE COCCIÓN Y SU ALMACENAMIENTO." desarrollada por el estudiante ALEJANDRO FARFÁN COOX, con matrícula 7101 de la Maestría en Ciencias de la Ingeniería de la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento BIOPROCESOS Y ALIMENTOS; y autorizamos la impresión de la misma, para que el estudiante continúe con el trámite de titulación.

Sin más por el momento, nos despedimos quedando a sus órdenes para cualquier comentario o aclaración.

ATENTAMENTE


Dr. Jorge Carlos Canto Pinto
Nombre y Firma
Director de Tesis


Dr. Víctor Manuel Moo Huchin
Nombre y Firma
Co-director de Tesis


Dr. Carlos Rolando Ríos Soberanis
Nombre y Firma
Miembro comité tutorial externo


Dr. Emilio Pérez Pacheco
Nombre y Firma
Miembro comité tutorial interno


INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALKINÍ, EN EL ESTADO DE CAMPECHE
COORDINACIÓN DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
CLAVE: 0426U0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO

Vo. Bo 
Dr. Luis Alfonso Can Herrera
Jefe de Departamento de Posgrado e Investigación



Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche, C.P. 24900
E-mail: direccionacademica@itescam.edu.mx | itescam.edu.mx





El Comité Organizador del III Congreso de Desarrollo Territorial
2022: "Biodiversidad E Innovación"
Otorga el presente

RECONOCIMIENTO

A: Farfán-Coox, A., Moo-Huchin, V.M., Canto-Pinto, J.C., Sauri-Duch, E., Ríos-Soberanis, C.R., Pérez-Pacheco, E.

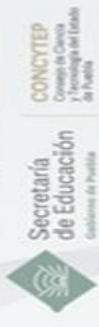
Por la presentación del trabajo en modalidad oral "Evaluación del color, antioxidantes y estabilidad oxidativa de totopos de maíz nixtamalizado adicionado con harina de B. alicastrum sometidos a métodos de cocción"

Mtra. Gloria Stephany Aguirre Moreno
Rectora

Dra. María Liliana Flores López
Presidenta del Comité Organizador

Dra. Ana Verónica Charles Rodríguez
Presidenta Del Comité Científico

Proyecto Apoyado por:



Ahuacatlán, Puebla,
México 26-28. Octubre



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE CALIXTLAHUACÁN

Instituto Tecnológico Superior
de Calixtlahuacán en el Estado de Campeche
Posgrado

RECONOCIMIENTO

Por medio de la presente, hago constar que el trabajo de tesis titulado:

**"ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITE EN BOTANAS CON HARINA DE *BROSIMUM
ALICASTRUM* UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE COCCIÓN Y SU
ALMACENAMIENTO"**

Del programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería fue llevado a cabo por ALEJANDRO FARFÁN
COOX y se realizó en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Calixtlahuacán, bajo la
Dirección de la **DR. JORGE CARLOS CANTO PINTO** y bajo la co-dirección del **DR. VÍCTOR
MANUEL MOO HUCHIN**.

ATENTAMENTE

MTRO. RODOLFO ENRIQUE CARDOZO RIVERO
DIRECTOR GENERAL



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALIXTLAHUACÁN, EN EL ESTADO DE CAMPECHE
" DIRECCIÓN GENERAL "

CLAVE: 04MSU00012
CALIXTLAHUACÁN, CAMPECHE, MÉXICO



Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calixtlahuacán, Campeche, C.P. 24900
E-mail: coordinacion.posgrado@iteicam.edu.mx | iteicam.edu.mx



2023
Francisco
Villa



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Dirección Académica
Posgrado.

Calkiní, Campeche a 23 de febrero de 2023.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mis estudios de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Tecnológico Nacional de México Campus Calkiní. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

ALEJANDRO FARFÁN COOX



Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal. Calkiní, Campeche, C.P. 24900
Tels. 9968134870 Ext. 1001, e-mail: direccionacademica@itescam.edu.mx. tecnm.mx | itescam.edu.mx



Ricardo
2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA



Instituto Tecnológico Superior de Calakín, en el Estado de Campeche

Calakín, Campeche a 24 de febrero de 2023

Asunto: Carta de liberación de plagio

**ALEJANDRO FARFÁN COOX
PRESENTE**

Por este conducto me permito informarle que con base a los resultados obtenidos por el software institucional (*turnitin - similarity*) es posible afirmar que el porcentaje de similitud de la tesis es menor al máximo permitido por el consejo académico (5%). La tesis analizada corresponde al estudiante ALEJANDRO FARFÁN COOX con número de matrícula G20137101 perteneciente al Programa de Maestría en Ciencias de la Ingeniería, cuyo título de tesis es **ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITE EN BOTANAS CON HARINA DE *BROSIMUM ALICASTRUM* UTILIZANDO DIFERENTES MÉTODOS DE COCCIÓN Y SU ALMACENAMIENTO**, el cual es dirigido por la DR. JORGE CARLOS CANTO PINTO.

Con base a lo descrito anteriormente, se establece la tesis como LIBERADA DE PLAGIO.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE


INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
CALAKÍN, EN EL ESTADO DE CAMPECHE
COORDINACIÓN DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN
CLAVE: CALG00013P
CALAKÍN, CAMPECHE, MÉXICO


DR. LUIS ALFONSO CAN HERRERA
JEFE DE DEPARTAMENTO DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN

Av. Ah Canul s/n por Carretera Federal - C. P. 24900 - Calakín, Campeche
www.itescam.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a nuestro señor Jesucristo por la vida y por cada día que me otorga para compartir con las personas que más amo y por todas las bendices que ha concedido en todos estos años.

Quisiera expresar mi agradecimiento:

Al Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche por haberme acogido en sus aulas; a sus docentes, quienes han demostrado a lo largo de estos años de estudio su profesionalismo y calidad humana, compartiendo sus conocimientos y aptitudes con el estudiantado, generando en nosotros ganas de superarnos día a día,

Agradezco a la FUNDACION PABLO GARCIA por el apoyo económico que me brindo para poder culminar mis estudios.

Al ITESCAM por la beca de colegiatura brindada para poder continuar mis estudios.

A mis asesores el Dr. Emilio Pérez Pacheco, Dr. Carlos Rolando Ríos Soberanis por las asesorías que me fueron de gran ayuda para culminar la escritura de la tesis.

Agradezco a mi director de tesis Dr. Jorge Carlos Canto Pinto por todos los consejos brindados; por las revisiones sugeridas y correcciones en relación con la tesis.

Agradezco al Instituto Tecnológico de Mérida por la oportunidad brindada para estar de estancia para poder culminar con mis experimentos. En especial, un eterno agradecimiento al Dr. Víctor Manuel Moo Huchim, quien dirigí el laboratorio de Desarrollo de alimentos, además de proponer el tema de investigación y me guio en el transcurso del proyecto.

DEDICATORIAS

Dedico mi trabajo a mi esposa e hija que siempre me mostraron el apoyo, cariño y amor incondicional. Ha aliviado la fatiga provocada por los malos días.

A mi señora madre por estar a mi lado, con su amor inconmensurable.

A mis abuelos porque siempre creyeron en mí, me brindaron amor durante este proceso y sobre todo sus consejos.

A mi tío Raúl, que siempre me brindo su ayuda cuando más lo necesite.

A mis amigos del laboratorio: Felipe, Ernesto, Ángel, Graciela, Andrea, Enrique, Juan, Emilio, Nitmar, Mariana, Lizbeth, Carolina, Beeiri y Gustavo. Gracias a ellos mi estancia en la institución fue agradable.

A mi amigo Einar, siempre en las malas y en las buenas

En especial a mi señor padre, donde quiera que este muchas gracias.

.

INDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO I.....	5
ANTECEDENTES	5
1.1 Botanas	5
1.2 Clasificación de botanas	5
1.3 Proceso de elaboración de botanas	5
1.3.1 Producción de Botanas de tortilla maíz	6
1.3.2 Estudios de Enriquecimiento de Botanas Tipo Totopo	7
1.4 Método de cocción1: horneado	9
1.4.1 Método de Cocción: <i>Fritura Profunda</i>	9
1.4.1 Método de Cocción: freidora de aire.....	11
1.5 Oxidación de Lípidos en Alimentos.....	13
1.5.1 Rancidez Oxidativa.....	14
1.5.2 Mecanismo de Oxidación.....	14
1.6 Parámetros para la Determinación de Oxidación en Lípidos	15
1.7 Importancia de la Semilla De <i>Brosimum alicastrum</i>	17
1.7.1 Compuestos Fenólicos y Actividad Antioxidante de la Harina de Semilla <i>Brosimum alicastrum</i>	17
1.8 Uso de la Harina de <i>Brosimum alicastrum</i> como ingrediente para la elaboración de tortillas.....	18
JUSTIFICACIÓN	20
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
CAPITULO II	22
MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1 ESTRATEGIA GENERAL.....	22
2.2 Obtención de harina de maíz nixtamalizada.....	23
2.3 Obtención de Harina de Semillas <i>Brosimum alicastrum</i>	23

2.4 Preparación de las Mezclas de Harina, Obtención de Masa y Totopos	24
2.5 Método de cocción	25
2.6 Método de cocción: fritura profunda.....	25
2.7 Análisis de oxidación de lípidos en botanas	26
2.7.1 Determinación cualitativa de esteroides	26
2.7.2 Método TBARS.....	26
2.7.3 Índice de peróxidos	27
2.7.4 Índice de P-ANISIDINA	27
2.7.5 Índice de TOTOX.....	28
2.7.6 Determinación De DIENOS (K232) Y TRIENOS(K270) conjugados	28
2.7.7 Compuestos Fenólicos (CFT) y actividad antioxidante	29
2.8 Análisis Fisicoquímicos de Botanas	29
2.8.1 Absorción de Lípidos Totales	29
2.8.2 Absorción de Lípidos Totales	30
2.8.3 Evaluación Sensorial.....	30
2.9 Estudio de Almacenamiento de Botanas	30
2.9.1 Humedad.....	31
2.9.2 Textura	31
2.9.3 Índice de peróxido.....	31
2.10. Análisis estadístico.....	31
CAPITULO III.....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1 Color CIE en botanas.....	32
3.2 Compuestos Fenólicos Totales (CTF) y Actividad Antioxidante DPPH	32
3.3 Oxidación Lipídica de Botanas de Harina De Maíz Nixtamalizado Fortificado con Harina de <i>Brosimum alicastrum</i>	34
3.4 Estudio de almacenamiento de botanas	37
3.4.1 Determinación de humedad	37
3.4.2 Medición de Textura: Fuerza Máxima De Rotura.....	38
3.4.3 Determinación de Índice de Peróxido.....	39
CAPITULO IV	41
CONCLUSIONES.....	41

BIBLIOGRAFÍA	42
---------------------------	-----------

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Diagrama de flujo del proceso de producción de chips de tortillas, bajos en grasa y sin grasa.	7
Figura 1.2 Horno de convección eléctrico	9
Figura 1.3 Freidora de aceite.....	10
Figura 1.4 Proceso de fritura profunda en los alimentos	11
Figura 1.5 Freidora de aire	12
Figura 2.1 Estrategia general de trabajo	22
Figura 2.2 Diagrama de proceso de elaboración de botanas	24
Figura 3.1 Cambios en el contenido de humedad de botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de <i>B. alicastrum</i> utilizando fritura profunda durante el almacenamiento	37
Figura 3.2 Cambios en la fuerza de fractura botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de <i>B. alicastrum</i> utilizando fritura profunda durante el almacenamiento.....	39
Figura 3.3 Cambios en la fuerza de fractura botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de <i>B. alicastrum</i> utilizando fritura profunda durante el almacenamiento.....	40

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1.1 Estudios de diferentes formulaciones para la elaboración de botanas tipo totopo	8
Tabla 1.2 Métodos de cocción de botanas con mezclas de harinas no convencionales	12
Tabla 1.3 Mecanismo de oxidación de lípidos	15
Tabla 1.4 Ácidos fenólicos encontrados en harina de nuez Maya Nut	18
Tabla 3.1. Resultados de Color CIE, compuestos fenólicos totales (CTF) y capacidad antioxidante de botanas de maíz con harina B. alicastrum	33
Tabla 3.2 Resultados de estabilidad oxidativa y contenido de lípidos totales de botanas de maíz adicionados harina B. alicastrum	36

RESUMEN

En México, las botanas de tortilla de maíz se caracterizan por ser alimentos listos para consumo. son porciones de tortilla frita u horneada que tienen una textura crujiente; sin embargo, estas pueden presentar oxidación lipídica. El uso de harinas no convencionales ricos en antioxidantes es una alternativa para el control del deterioro oxidativo de totopos. Al respecto, *Brosimum alicastrum* (BA) es un árbol ancestral de la península de Yucatán, cuya semilla del fruto es reconocida por su alto contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. El objetivo del trabajo fue desarrollar totopos de maíz nixtamalizado adicionado con harina de semillas BA bajo diferentes métodos de cocción y evaluar sus propiedades físicas, antioxidantes y estabilidad oxidativa. Se prepararon mezclas de harina de maíz nixtamalizado con 30 % de harina BA, agua purificada y sal (0.5 %) para obtener las masas; lo cual fueron troqueladas para obtener discos que fueron cocidos a 240 °C por 2 min. Las tortillas control y adicionados con BA (frescas o deshidratadas) fueron expuestas a cocción mediante horneado, freidora de aire y freidora de aceite para obtener botanas. Para los tres métodos de cocción, los valores de color L*, b* y Hue mostraron una tendencia a disminuir cuando la botana fue adicionado con harina BA, mientras se incrementó los valores de a*, caso contrario paso con el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) y capacidad antioxidante DPPH (CDPPH). Las botanas HMN:HR (TSD) resultaron con mayor CFT y CDPPH con respecto a las botanas HMN:HR (TD). De todos los tratamientos las botanas HMN (TSD) y HMN:HR (TSD) obtuvieron el mayor porcentaje de lípidos totales (16 %). Con respecto a la estabilidad oxidativa las botanas HMN:HR (TD) p-AV (7.63 ± 0.13); IP (10.56 ± 0.96 O₂ / kg); TOTOX (28.75 ± 2.06 g/ml) y HMN:HR (TSD) p-AV (11.66 ± 0.19); IP (15.00 ± 0.00 meq O₂ / kg); TOTOX (41.66 ± 0.19 g/ml) mostraron menor oxidación primaria y secundaria. Asimismo, se realizó un estudio de almacenamiento a dichas botanas, se evaluó durante un periodo de 40 días a una temperatura de 25 °C, donde se evaluó: humedad, textura e índice de peróxido. En base a los resultados obtenidos se puede concluir que las botanas que fueron adicionadas con harina de *B. alicastrum* y fueron sometidas a fritura profunda mejoraron su estabilidad oxidativa respecto a los demás tratamientos.

ABSTRACT

In Mexico, corn tortilla snacks are characterized as ready-to-eat foods. They are fried or baked tortilla portions that have a crunchy texture; however, they can present lipid oxidation. The use of non-conventional flours rich in antioxidants is an alternative for the control of oxidative deterioration of tortilla chips. In this regard, *Brosimum alicastrum* (BA) is an ancestral tree from the Yucatan peninsula, whose seed fruit is recognized for its high content of phenolic compounds and antioxidant capacity. The objective of this work was to develop nixtamalized corn tortilla chips added with BA seed flour under different cooking methods and to evaluate their physical properties, antioxidants, and oxidative stability. Mixtures of nixtamalized corn flour with 30 % of BA flour, purified water and salt (0.5 %) were prepared to obtain the doughs, which were die-cut to obtain discs that were cooked at 240 °C for 2 min. The control and BA-added tortillas (fresh or dehydrated) were exposed to cooking by baking, air frying and oil frying to obtain snacks. For the three cooking methods, L*, b* and Hue color values showed a tendency to decrease when the snack was added with BA flour, while a* values increased, the opposite was true for total phenolic compound content (TPC) and DPPH antioxidant capacity (CDPPH). HMN:HR (TSD) snacks resulted with higher CFT and CDPPH with respect to HMN:HR (TD) snacks. The HMN:HR (TSD) snacks were found to have higher CFT and CDPPH than the HMN:HR (TD) snacks. Of all the treatments, HMN (TSD) and HMN:HR (TSD) had the highest percentage of total lipids (16 %). With respect to oxidative stability HMN:HR (TD) p-AV (7.63 ± 0.13); IP (10.56 ± 0.96 O₂ / kg); TOTOX (28.75 ± 2.06 g/ml) and HMN:HR (TSD) p-AV (11.66 ± 0.19); IP (15.00 ± 0.00 meq O₂ / kg); TOTOX (41.66 ± 0.19 g/ml) showed less primary and secondary oxidation. A storage study was also carried out on these snacks, which were evaluated for a period of 40 days at a temperature of 25 °C, where humidity, texture and peroxide index were evaluated. Based on the results obtained, it can be concluded that the snacks that were added with *B. alicastrum* flour and were subjected to deep frying improved their oxidative stability with respect to the other treatments.

INTRODUCCIÓN

Las botanas de tortilla de maíz nixtamalizado son trozos triangulares de tortilla con una consistencia crujiente y se pueden encontrar horneados o fritos, suelen ser consumidos con otros alimentos como salsas, guacamole y frijol (Martínez, 2020). La fritura profunda es un proceso muy común para la obtención de botanas; utilizando aceite a 180 °C a 80 s. Las botanas pueden ser crudas o pretratadas (Multari et al. 2019). Este método conduce a la formación de una corteza deseable para el consumidor (Topete-Betancour et al. 2020). El aceite vegetal es el componente principal de la fritura, el cual proviene de diferentes fuentes como la soya, girasol y colza; en donde las botanas de maíz y de tortillas absorben el 26-36 % y 16-24 % de aceite después de la cocción, respectivamente (Serna-Saldívar & Multari, 2019). Sin embargo, la fritura profunda causa oxidación térmica generando peróxidos (hidroperóxidos) que podrían afectar la salud humana; dichos compuestos se caracterizan por su inestabilidad al degradarse fácilmente en productos secundarios (aldehídos, cetonas, alcoholes, furanos, etc.) (Multari et al. 2019) generando aparición de olores y sabores desagradables para el consumidor. La rancidez oxidativa reduce el valor nutricional, la vida de almacenamiento y algunos de los productos que se generan son tóxicos (Choulitoudi, et al. 2019).

Una estrategia para controlar la oxidación de lípidos (menor contenido de peróxidos) en la fritura es la adición de harinas con alta capacidad antioxidante en las formulaciones de las botanas. En este caso la harina de semilla de Ramón (*Brosimum alicastrum*) es una fuente importante de compuestos fenólicos con alta capacidad antioxidante, por lo que puede ser una alternativa para la elaboración de productos fritos. El árbol de Ramón fue una de las principales fuentes de alimento para los mayas en la península de Yucatán, México; apreciaron su semilla por ser nutritiva, además, las cosechas son más productivas y resistentes al estrés hídrico o inundaciones comparadas con el maíz (Maciel, 2020). Ozer, (2017) reportó que la harina de semillas tostadas de Ramón obtuvo un mayor contenido de compuestos fenólicos (CFT) y actividad antioxidante en comparación de otros frutos secos, como el cacahuete, nuez y la almendra. Además, se encontró que los compuestos fenólicos más predominantes en la harina de *B. alicastrum* fue el ácido clorogénico, ácido vanílico, catequinas y ácido sinápico. Asimismo se ha demostrado que los antioxidantes de la semilla

redujeron el contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBAR'S) en carne cocida (Moo-Huchin et al. 2019).

Otra manera de controlar la oxidación del aceite es determinar un método de cocción para producir botanas de fácil consumo, con un tamaño de porción adecuado, que aporten energía, menor contenido de grasa y que sean bajas en sodio (Mayo-Mayo et al. 2020, García-Pérez et al. 2019 & Vázquez, 2018). Al respecto, debido a las preocupaciones por el alto contenido de grasa en las botanas fritas, se sugiere el uso del horneado (170 y 190 °C) como una alternativa (Cevik, Kahraman, & Ekici, 2021). El uso adicional del horneado antes de freír hace que los trozos de tortilla absorban alrededor de un 12 % menos de aceite (Serna-Saldivar, Understanding the functionality and manufacturing of nixtamalized maize products, 2021). Por otra parte, los productos que no contienen grasa se obtienen mediante solo el horneado/tostado (Serna-Saldivar, Understanding the functionality and manufacturing of nixtamalized maize products, 2021). Actualmente la freidora de aire es una alternativa tecnológica e innovadora para la obtención de frituras, en la cual se usa poco o nada de aceite, que va de 180 a 200 °C. El equipo utiliza aire caliente en combinación con la circulación de aire a alta velocidad (Zaghi, Barbalho, & Otoboni, 2019). Durante el proceso ocurre una transferencia de calor que se distribuye por todo el alimento, produciendo productos fritos de buena calidad y con un color similar a lo alcanzado con la fritura profunda (Teruel et al. 2015). Además se ha reportado que el proceso de fritura de aire provoca una disminución del 90 % de acrilamida en comparación con la fritura profunda (Sasano et al. 2015).

Debido que es conveniente la búsqueda de estrategias para controlar la oxidación de lípidos durante la obtención de botanas, el objetivo de este estudio fue desarrollar botanas de maíz y de tortillas de maíz nixtamalizado adicionado con harina de semillas de *B. alicastrum* usando diferentes métodos de cocción y evaluar sus propiedades físicas, bioactivas y estabilidad oxidativa.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES

1.1 Botanas

Las botanas son productos elaborados a base de harinas, cereales, legumbres, tubérculos, granos, frutas, semillas que pueden ser fritos, horneados, pelados, recubiertos, extruidos u horneados con o sin sal añadida (Muñoz, 2013).

1.2 Clasificación de botanas

Para la industria alimentaria encargada de preparar snacks, estos se pueden dividir en tres categorías (Victoriano, 2018):

- Primera generación: son productos naturales, sin extraer, los cuales se encuentran: las nueces, palomitas y alimentos mínimamente procesados, como las papas fritas.
- Segunda generación: los productos de esta categoría solo se elaboran con un solo ingrediente, se pueden hornear o freír, por ejemplo: tostadas, totopos y Cheetos.
- Tercera generación: botanas elaboradas con diversos ingredientes mediante extrusión, conocida como inflado indirecto, ya que después del inflado necesitan pasar por un proceso de fritura en aceite caliente o inflado con aire caliente, por ejemplo, los chicharrones que se preparan en casa.

Las botanas, se pueden hacer a través de diferentes métodos de procesamiento como se define en el siguiente apartado (Victoriano, 2018).

1.3 Proceso de elaboración de botanas

Se pueden elaborar botanas o aperitivos a base de cereales, tubérculos, carnes, pescados, etc. Se utilizan diferentes métodos de procesamiento para cambiar sus propiedades fisicoquímicas u organolépticas (López, 2013). El proceso de elaboración de botanas por extrusión cambia la forma, estructura y composición del producto, las cuales se encuentran: cereales inflados (arroz, maíz, trigo), o los que utilizan para dar forma al

producto, como laminado, triángulos o mazorcas de maíz. A continuación, se describe el proceso de elaboración de algunos Botanas (Vázquez et al., 2018).

- Cereales inflados: deben estar limpios y descascarillados, acondicionados con calor seco a 90 – 100 °C durante unos minutos, luego se colocan a 200 °C con vapor a alta presión para continuar con la cámara de expansión.
- Granos laminados: los granos sin cáscara ni harina se separan para obtener una masa homogénea, la cual es laminada en dos rodillos en forma de prensa, posteriormente se corta en la forma deseada, que luego se tuesta y/o se fríe para que desarrolle su sabor y textura característicos, con la adición final de sabor, aroma y sal para complementar el sabor deseado. (Vázquez et al., 2018).

1.3.1 Producción de Botanas de tortilla maíz

Las botanas de tortilla de maíz son elaboradas con masa nixtamalizada molida, que se extruye y se forman en diferentes configuraciones (Fig. 1.1). La operación más importante es la extrusión de la masa y la fritura en aceite (Serna-Saldívar, 2019).

La extrusora de la masa consiste en un pistón hidráulico horizontal que obliga a la masa a pasar por una matriz o cabezal de conformación a 90°. La extrusión se inicia automáticamente tras la cagar manual de la masa y el cilindro se bloquea en su posición (Serna-Saldívar, 2015). Existen diferentes cabezales que se intercambian para diferentes formas. Un conjunto de corte rotativo corta en trozos uniformes la masa, cuando el cilindro está vacío, el pistón se retrae para rellenarlo (Serna-Saldívar, 2019).

La mayoría de las botanas de maíz se elaboran con dos mezclas diferentes (blanco y amarillo), con la finalidad de mejorar sus características durante la fritura. Los trozos de masa varían en tamaño y forma, siendo la más comunes las tiras de 1.2 cm de ancho y 4.0 cm de largo. Durante el proceso de fritura, cuando el aceite alcanza una temperatura de 175 °C y la botana es sumergida pierde humedad en los primero 10 segundos. Sin embargo, el tiempo de fritura suele variar según el producto, pero suele ser de 1.5 min (Serna-Saldívar, 2019).

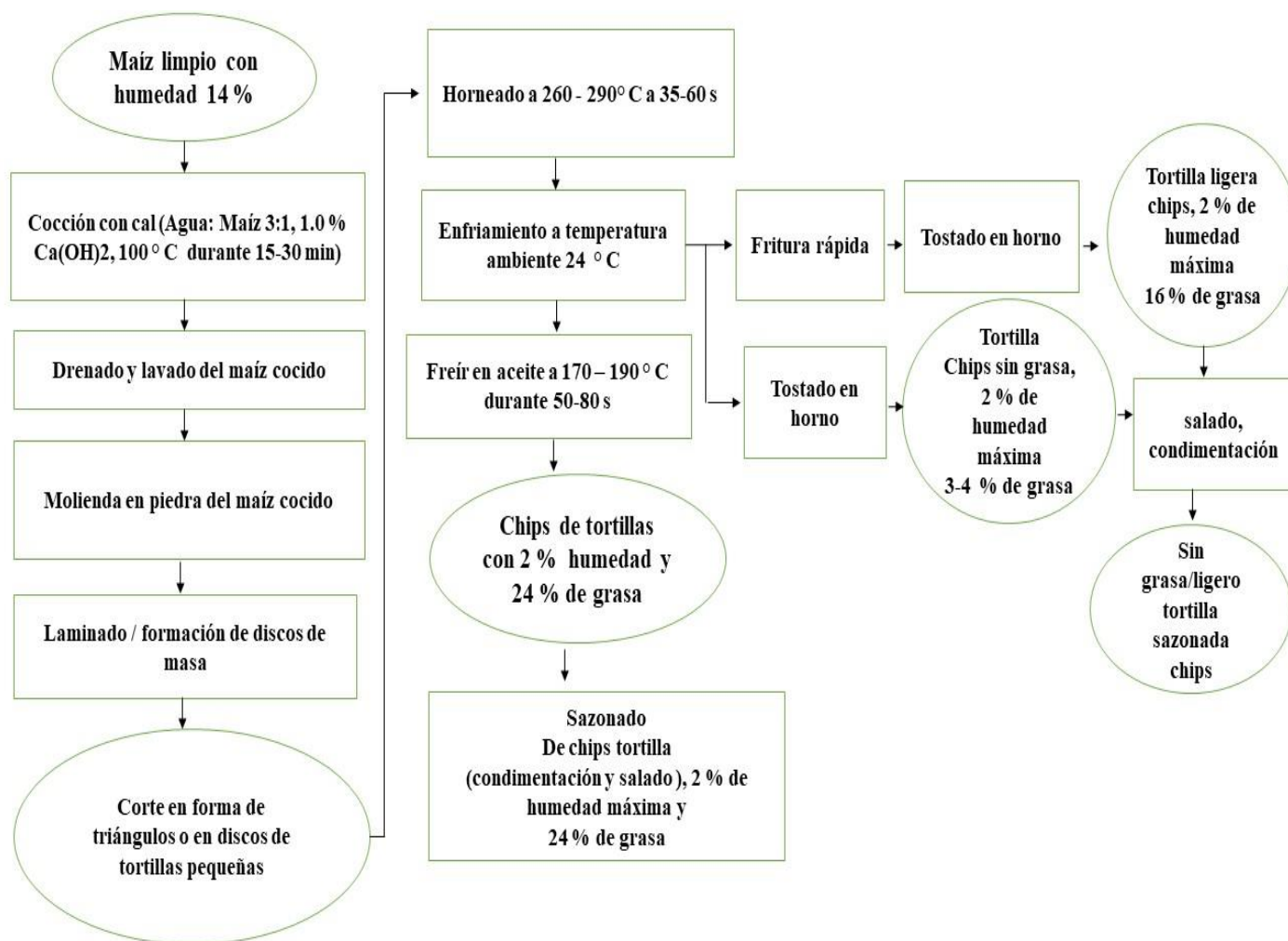


Figura 1.1 Diagrama de flujo del proceso de producción de chips de tortillas, bajos en grasa y sin grasa.

1.3.2 Estudios de Enriquecimiento de Botanas Tipo Totopo

Las botanas son las preferidas por los consumidores mexicanos, lo cual explica la alta demanda que tienen estos productos, debido al alto consumo de botanas se ha dado origen a la fabricación de botanas usando ingredientes de fuentes convencionales y no convencionales, con el propósito de obtener botanas que sean aceptables para el consumidor, bajas en grasa y que proporcionen nutrientes que otras botanas no ofrecen. En la Tabla 1.1 se muestran estudios realizados en botanas elaborados con diferentes harinas. Se encuentran divididos en cuatro categorías; en la primera columna se observa

el ingrediente (s) usado (s), en la segunda la formulación de ingredientes, en la tercera el efecto de calidad que tuvieron las botanas con las formulaciones y en la última columna se muestra el autor del trabajo de investigación. De manera general en algunos estudios realizados, se observa que al adicionar harina de fuentes no convencionales provocan un incremento de fibra, proteína, además; una buena aceptabilidad sensorial.

Tabla 1.1 Estudios de diferentes formulaciones para la elaboración de botanas tipo totopo

Ingrediente usado	Formulación	Efecto de la calidad	Autores
Salvado de arroz Harina de maíz (Zea mays)	HM:SA: (90:10,70:30,40:60) g	En todas las formulaciones incrementaron la cantidad de fibra e hidratos de carbono y es probablemente un mayor contenido de antioxidantes y de ácidos grasos. Sin embargo; el análisis sensorial del totopo con formulación de 30 % SA presenta características organolépticas aceptables en comparación a las demás.	(Vázquez et al. 2018)
Harina de maíz (Zea mays) Yuca Chaya (Cnidoscolus aconitifolius)	(F1: 0.0, 80.2 18.8, 1.8 / g). (F2:2.5 g, 77.7, 18.0 g, 18 /g, 1.8 / g). (F3: 5.0, 75.2, 18.0, 1.8 / g). (F4:7.5, 72.7,18.0,1.8 / g)	Los totopos sometidos a fritura con formulación de 5 % y 7.5 % de harina de chaya (F3 y F4), se obtuvo menor contenido de humedad y grasa, sin embargo; un alto contenido de cenizas, fibra y proteínas.	(Durán Mendoza et al. 2016)
maíz (Zea mays) alga (Ulva clathrata)	Ulva clathrata: (8 %,10 %,12 % y 15 %); maíz (Zea mays) :92 %,90 %,88 %,85 %	La tortilla tostada con formulación 92 % y 8 %, presentó un alto nivel de agrado y las propiedades de texturas fueron similares a la tortilla tostada de solo maíz.	(Quintero Gutiérrez et al.2014)
Chaya (Cnidoscolus aconitifolius) Hierba Mora (Solanum nigrum) Harina de maíz (Zea mays)	100 % de harina de maíz sin hojas (T1), hojas de chaya hojas de hierba mora, (T2), a una concentración de 5.0 % y harina de maíz: 95%	La adición de 5 % de hojas de chaya y de hierba mora afectó de manera positiva la calidad sensorial de los totopos, incrementando el nivel de agrado a 5.7 %	(Guillermo-Moreno et al. 2019)
Makal (Xanthosoma yucatanensis) lenteja (Lens culinaris)	(25% Makal 75% lenteja) (75% Makal 25% lenteja) (50% Makal 50% lenteja)	El comportamiento de viscosidad en la harina de Makal es mayor en comparación a la presentada por la harina de lenteja, lo cual podría estar relacionado con su contenido de proteína de esta leguminosa. Con respecto al análisis proximal la cantidad de proteína fue mayor en la harina de lenteja (22.40 %.)	(Rodríguez-Neri et al. 2012)

1.4 Método de cocción1: horneado

Los discos de masa recién formados pasan por un horno de gas de tres niveles, la temperatura oscila entre 350 y 480 °C durante 20–60 s. Estos aparatos están contruidos con combustión de gas atmosférico o con quemadores y mallas de alambre tejido para hornear (Serna-Saldivar, 2015).

Durante el proceso de horneados un lado del disco de masa se hornea dos veces más que el otro lado, los quemadores del último nivel tienen menor temperatura para evitar la formación de ampollas. La masa para producir trozos de tortilla al horno contiene 38 % –42 % de humedad. Sin embargo, en el proceso de cocción se pierde aproximadamente 14% – 19% de humedad (Serna-Saldívar, 2019). Durante la operación crítica, el almidón gelatiniza aún más, las proteínas se desnaturalizan, el sabor y el color se desarrollan debido a las reacciones de Maillard, además, se eliminan los recuentos microbianos. Con respecto a su textura, la tortilla desarrolla una estructura básica porque el almidón gelatinizado actúa como pegamento cohesivo (Serna-Saldívar, 2019).



Figura 1.2 Horno de convección eléctrico

1.4.1 Método de Cocción: Fritura Profunda

La fritura profunda es un método de cocción muy utilizado en todo el mundo (Fig. 1.3), existe una buena aceptación por parte de los consumidores, y se aplica para preparar diversos tipos de alimentos con aroma, textura, sabor característico que derivan de este proceso (Wang et al. 2021).

La fritura consiste en cocinar al alimento a temperaturas relativamente altas, durante breves periodos de tiempo (Manosalvas, 2021). En el proceso de cocción ocurre una transferencia de calor directa desde el aceite caliente hacia el alimento, cuando el alimento se introduce la temperatura del aceite baja, la humedad superficial del alimento se vaporiza, mientras el agua del interior se propaga en la superficie, posteriormente pasa la fase de vapor, la cual viaja a través del aceite de la fritura al ambiente exterior, lo que propicia la presencia de burbujas en el aceite, a la vez, la botana empieza a desarrollar un color característico, además; la formación de la costra (Topete-Betancour et al. 2020).



Figura 1.3 Freidora de aceite

Durante el proceso de fritura ocurre a la vez una transferencia de calor y masa entre el medio y el alimento, cuando se sumerge el alimento en aceite caliente la transferencia de calor se realiza por dos mecanismos: conducción y convección (Asokapandian et al. 2019). La conducción, bajo condiciones no estacionarias, se da en el interior del alimento, por lo que la magnitud de esta transferencia está influenciada por las propiedades térmicas del mismo y pueden cambiar durante el proceso. Por otra parte, la convección ocurre entre el aceite caliente y la superficie del alimento (Manosalvas, 2021).

El vapor se expande, distorsionando las paredes de los poros y contribuyendo a la porosidad interna (Fig. 1.4). La mayor parte del agua se libera y el aceite se absorbe durante

los primeros 10 segundos de la fritura (Serna-saldivar et al. 2019). La temperatura de fritura y el tiempo de permanencia del producto depende el tipo del tipo de producto. Por general, las piezas de tortillas de maíz amarillo requieren temperaturas de fritura más bajas que sus homólogas de maíz blanco. Los carotenoides del maíz amarillo se degradan a altas temperaturas en β – iononas, que afecta al sabor del producto (Serna-saldivar et al. 2019).

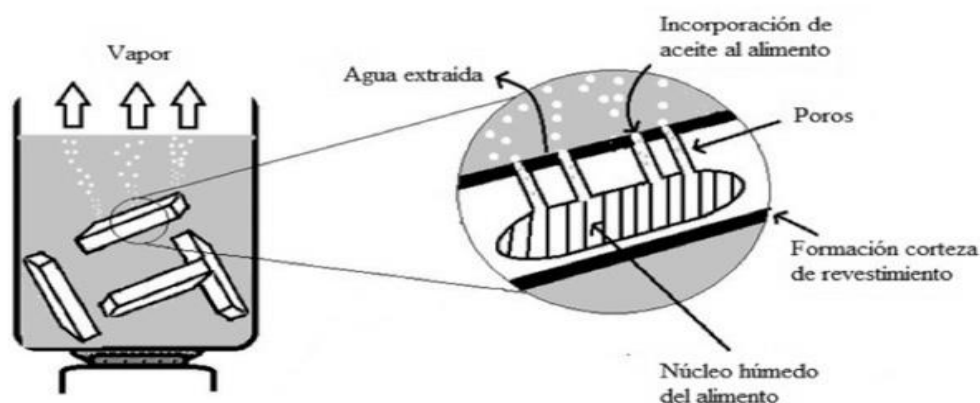


Figura 1.4 Proceso de fritura profunda en los alimentos

1.4.1 Método de Cocción: freidora de aire

El método de cocción por aire es una alternativa a los medios convencionales de freír alimentos, que emplea la circulación de aire caliente. Implica la interacción directa entre el producto alimenticio, que suele estar en continuo movimiento para el contacto homogéneo entre ambas fases. El movimiento de aire caliente cocina al alimento desde el interior y la corteza típica de los productos fritos aparece gradualmente en el exterior (Salamatullah et al. 2021). Además, es un método económico y se pueden encontrar equipos de uso domésticos (Fig. 5). Hay estudios que demuestran que reduce el contenido de aceite, asimismo reduce la formación de acrilamida y los atributos sensoriales consiguen ser similares a los fritos por inmersión en aceite (Suárez, 2021).



Figura 1.5 Freidora de aire

En la tabla 1.2 Se observa botanas con mezclas de harinas no convencionales y cocidas con diferentes métodos de cocción, se puede ver que para la elaboración de botanas utilizan diferentes métodos de cocción como la horneado, freidora de aire y fritura profunda, además del uso de harinas no convencionales. Se encuentran divididos en cuatro categorías; en la primera columna se observa el ingrediente (s) usado (s), en la segunda la formulación de ingredientes, en la tercera el método de cocción usado y en la última columna se muestra el autor del trabajo de investigación.

Tabla 1.2 Métodos de cocción de botanas con mezclas de harinas no convencionales

Vegetal	Mezclas	Método de cocción	Referencia
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) haba (<i>Vicia faba</i>) soya texturizada (<i>Glycine max</i> L.)	47,5 g/100 g de harina, 47 g/100 g de agua, 5 g/100 g de aceite vegetal y 0,5 g/100 g de sal	Horneado	(López-Martínez et al., 2019)
Maíz (<i>Zea mays</i>) Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	proporciones 50/50, 60/40, y 70/30 (p/p)	Fritura profunda	(Ochoa-Martínez et al. 2016)
Chaya Maíz (<i>Zea mays</i>) Yuca Especias	Proporciones: (F1: 0.0, 80.2 18.8, 1.8/g); (F2: 2.5 g, 77.7, 18.0 g, 18 /g , 1.8 g); (F3: 5.0, 75.2,	Fritura profunda / Horneado	(Durán-Mendoza et al. 2016)

18.0, 1.8 /g); (F4:7.5,
72.7,18.0,1.8/ g)

soja: sorgo: Maíz	Control (250, 0, 0 g); Fritura A1(250, 25, 12.5, g); A2 profunda (250, 50, 25, g); A3 (250, 750, 37.5 g)	(Giram et al. 2018)
		(Shaker, 2014)
Patatas	Fueron cortadas en tiras (8 x8 x 60 mm)	Freidora de aire
Patatas	Cortaron en rodajas de 2 mm de espesor. Luego se cortaron en forma redonda de 50 mm de diámetro	Freidora de (Mokhtar, 2022) aire

1.5 Oxidación de Lípidos en Alimentos

La oxidación lipídica es el principal factor que reduce la vida útil en los alimentos que fueron elaborados con lípidos en su composición (Ouerfelli & Almajano, 2021). Esto se debe por que los ácidos grasos se oxidan durante el almacenamiento y los productos de la oxidación producen rancidez y deterioro químico. La oxidación de grasa y aceite en los alimentos afecta directamente a la calidad de los productos (García-Pérez et al. 2017).

Existen dos tipos de trasformaciones que le ocurren a los lípidos, estos se dividen en dos grupos: rancidez hidrolítica y la rancidez oxidativa (Badui-Dergal,2006). Estas reacciones reducen considerablemente su valor nutritivo de los alimentos, debido al deterioro de los ácidos grasos poliinsaturados; de igual forma altera las características organolépticas, lo cual provoca la aparición de sabores y olores desagradables, debido a la presencia de sustancias volátiles (aldehídos, cetonas e hidrocarburos), y esto ocasiona que el consumidor rechace el alimento (Polak, 2020). El principal problema que se deriva de la oxidación lipídica son los cambios sensoriales, como el desarrollo de aromas

desagradables (rancio), lo que hace que el alimento no sea apto para el consumo (Ortiz-Cruz et al. 2021).

1.5.1 Rancidez Oxidativa

El proceso de la rancidez oxidativa en los lípidos de los alimentos ocurre cuando los ácidos grasos insaturados (Ayala,2019). A través de una serie de reacciones en cadena de radicales libres, iniciando con cantidades pequeñas de oxígeno, lo cual resulta difícil evitarlo. Los principales detonantes son: la presencia de luz, calor, humedad. Sin embargo, se puede retardar usando diferentes técnicas de conservación en combinación de antioxidantes (Loza & Quisbert, 2020).

1.5.2 Mecanismo de Oxidación

La oxidación lipídica en los alimentos comprende 3 etapas (Tabla 1.3): la iniciación previa a la evidencia clara del proceso de oxidación, en este apartado no se puede detectar a simple vista que el alimento está oxidando (Martínez-García, 2018). Por un lado, se produce una atracción de rayos ultravioleta de la luz o simplemente del calor, sin embargo, las grasas que están presentes en los alimentos forman radicales libres a partir de los ácidos grasos (Paredes et, al. 2017). En caso contrario, en los aceites se forman los radicales libres a partir de ácidos grasos insaturados (llamados “hidroperóxidos”). Posteriormente los radicales libres aceleran el proceso de oxidación dando lugar al período conocido de “propagación”. Se caracteriza por que se acumulan peróxidos lipídicos. En este proceso se crean muchos radicales libres, es la etapa de oxidación de los ácidos grasos insaturados (Arévalo, 2021).

El proceso de oxidación continúa mientras queden grasas por oxidarse, produciéndose a su vez algunas sustancias que generan ese olor a rancio característico, constituyéndose el período de terminación (Paredes et, al. 2017). En esta etapa los radicales libres provenientes de la descomposición de hidroperóxidos, se asocian para formar productos no – radicales (aldehídos, cetonas de peso molecular bajo, que son responsables del olor a rancio (Magnani, Sedlcek-Bassani, & Ponsano, 2020).

Tabla 1.3 Mecanismo de oxidación de lípidos

Iniciación	RH	→	R•+H•	Radical libre
Propagación	R• + O ₂	→	ROO•	Radical hidroperóxido
	ROO• + RH	→	R•+ ROOH	Hidroperóxido
Terminación	R•+R•	→	RR	Compuestos muy estables
	R•+ ROO•	→	ROOR	
	ROO•+ ROO• +	→	ROOR+ O ₂	
	RO•+ R•	→	ROR	
	2 RO•+2 ROO•	→	2ROOR + O ₂	

RH: Ácido graso insaturado

Fuente: Badui-Dergal (2006).

1.6 Parámetros para la Determinación de Oxidación en Lípidos

a) Índice de peróxido

La Metodología se basa en la capacidad de los peróxidos para oxidar el ion yoduro de KI para producir yodo que es titulado con tiosulfato. Sin embargo, también se puede usar FeO y se puede cuantificar el Fe⁺³ (Badui-Dergal, 2006). El proceso se limita a la primera etapa de oxidación donde se alcanza la máxima concentración. Por esta razón, la grasa que está muy oxidada puede resultar en un índice más bajo, pero el olor es característico de una reacción avanzada. Es impreciso en productos deshidratados o bajos en grasa (Nieves, 2018).

El índice de peróxido se expresa en miliequivalentes de peróxido por kilogramo de aceite, y este método también indica el grado de oxidación del aceite (Gallardo, 2016).

b) Índice de P-ANISIDINA (AV) pendiente terminar referencias aquí

Es una estimación de los productos de oxidación secundarios y generalmente se expresa como 100 veces la absorbancia medida a 350 nm en una celda de 1 cm de espesor de una solución que contiene 1 g de aceite en 100 ml de mezcla solvente y reactivo. Una prueba de nivel de P-anisidina suele ser útil para aceites con niveles bajos de peróxido (Gaspar,

2019). El sistema funciona según el principio de una reacción de condensación entre una muestra de dienal conjugado o 2-alquenal y un reactivo de P-anisidina (P-metoxianilina) en solución de Isooctano y realiza mediciones espectrofotométricas a 350 nm (Trujillo, 2017). El producto depende de cuántos compuestos de aldehído estén presentes en su forma: el doble enlace de la cadena de carbono conjugado con el doble enlace de carbonilo aumenta la absorbancia molar (Martínez J. A., 2018).

c) Coeficiente de Absorbancia en el Ultravioleta: Dienos (K232) y Trienos (K270)

Cuando va sucediendo la auto oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados se van conformando los hidroperóxidos los cuales en su estructura llevan dobles enlaces conjugados que absorben radiación alrededor de la longitud de onda de 232 nm (Calsin-Cutimbo et al. 2016). Estos compuestos se transforman a otros tales como las di-acetonas o, en cuanto a los hidroperóxidos de ácidos grasos con tres o más dobles enlaces, a sistemas que tengan tres dobles enlaces conjugados (Morales C. M., 2017). Estos productos secundarios, que provienen de la degradación de los hidroperóxidos, poseen las características de absorber radiación UV alrededor de los 270 nm (Santana-Alcántar et al. 2019).

d) Valor de TOTOX

El denominado valor de Totox (valor de anisidina + 2 PV) se utiliza como medida empírica de los precursores de carbonilos no volátiles presentes en aceites procesados más cualquier otro producto de oxidación desarrollado después del almacenamiento. El aceite de buena calidad debe tener un valor de Totox de menos de cuatro (Mafurro, 2020).

El índice de p-anisidina (p-AnV) se usa a menudo en la industria junto con el índice de peróxido (PV) para calcular la llamada oxidación total o valor TOTOX (Mafurro, 2020).

$$\text{TOTOX value} = 2\text{PV} + \text{p-AnV}$$

e) Método del Ácido Tiobarbitúrico (TBA)

Este método consiste en la reacción de dos moléculas de TBA con una de dialdehído malónico, en la que se produce un compuesto cromógeno rojo que se mide a 530 nm

(Rivera & Ramos, 2016). El análisis se efectúa después de eliminar los pigmentos del alimento, o en la fracción que recolecta de una destilación. Es poco preciso en productos deshidratados y en aquellos que tienen un contenido bajo de lípidos (Badui-Dergal, 2006).

El método tiene varias limitantes; no siempre se forma el dialdehído, ya que sólo proviene de los ácidos poliinsaturados; el TBA produce compuestos amarillos con otros aldehídos; la presencia de sacarosa y de ácidos interfiere; el dialdehído reacciona con proteínas y reduce su concentración para su determinación (Badui-Dergal, 2006).

1.7 Importancia de la Semilla De *Brosimum alicastrum*

El *Brosimum alicastrum* (B.A) fue posiblemente fuente de alimento para los mayas durante el periodo clásico (250 a 900 D.C.), reconocieron el valor nutritivo de su fruto; “los adultos mayores mencionan que la semilla los salvó de la hambruna causada por algún desastre natural o por el ataque de plagas al maíz” (Ramírez-Sánchez, 2017). La harina obtenida de la semilla de B.A contiene 11% de proteína, 70% carbohidratos y 1.5% de grasas, cuenta con un alto contenido de fibra, vitaminas B1, B2, ácido fólico y minerales, además por cada 100 g de harina aporta 318 Kcal (Rosa et al. 2018).

1.7.1 Compuestos Fenólicos y Actividad Antioxidante de la Harina de Semilla *Brosimum alicastrum*

Recientemente (Ozer, 2017) reportó que la nuez Maya o Ramón (*B. alicastrum*) tostados obtuvo mayor contenido fenólico y capacidad antioxidante, en comparación de otros frutos secos, como la nuez, cacahuete, almendra. De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que la nuez Maya tiene un alto contenido de compuestos fenólicos 2467 ± 85 mg GAE/100 g de extracto seco Maya comparado con la nuez, cacahuete y almendra (812 ± 51 , 430 ± 18 y 87.5 ± 2 mg GAE/100 g de extracto seco, respectivamente). También se demostraron que la nuez Maya tiene altos niveles de actividad de eliminación de radicales libres, con un $79 \pm 2.7\%$ para DPPH y $92.5 \pm 5.2\%$ para ABTS (Ozer, 2017). Los ácidos fenólicos principales encontrados en la harina de ramón se muestran en la tabla 1.4 (Ozer, 2017)

Tabla 1.4 Ácidos fenólicos encontrados en harina de nuez Maya Nut

Compuestos fenólicos	µg/g de nuez Maya
P- Hidroxibenzoico	326.2
Ácido Vanílico	103.9
Epicatequina	53
Ácido Gálico	27.1
Ácido cafeico	17.1
Ácido P-Cumárico	13.5

Fuente: (Ozer, 2017)

Estudios realizados por Moo-Huchin et, al. (2019) reportó contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de extractos etanólico de la semilla de *B.A.* De acuerdo con los resultados, se encontró mayor contenido de ácido gálico (1.29 ± 0.003 mg/100 g de peso seco harina), ácido clorogénico (31.04 ± 0.68 mg/100 g peso seco harina) y ácido vanílico (24.03 ± 0.39 mg/100 g peso seco harina). La propiedad antioxidante se evaluó al reducir el contenido de TBA usando un modelo de peroxidación lipídica. Se confirmó una alta correlación entre el contenido de compuesto fenólicos y flavonoides totales, lo que indica que estos compuestos fueron los responsables de la actividad antioxidante.

1.8 Uso de la Harina de *Brosimum alicastrum* como ingrediente para la elaboración de tortillas

La semilla de *Brosimum alicastrum* es comestible, puede ser hervida o tostada, y se consumen solas o con maíz, miel o plátano, en forma de bebidas fermentadas o calientes como atol. Tostadas o molidas son un buen sustituto del café, las semillas molidas hacen una harina negra que es usada para confeccionar tortillas (Domínguez-Zárate et al. 2019).

En este apartado se mencionan trabajos donde se utilizó la harina de *Brosimum alicastrum* como ingrediente para la elaboración de tortillas.

(Moo-Huchin et al. 2019) desarrollaron tortillas a partir de harina de maíz nixtamalizado, al cual se le adicionó diferentes proporciones de harina de *B. alicastrum* (0, 10, 20 y 30 % p/p en base seca). Las tortillas se analizaron en relación con la composición química, perfil de aminoácidos, compuestos fenólicos, actividad antioxidante y propiedades físicas. Los resultados indican que al adicionar harina de *B. alicastrum* en tortillas aumentó su actividad antioxidante, el contenido de minerales, fibra soluble, proteína, triptófano, compuestos fenólicos totales y flavonoides totales en comparación con la tortilla control. Estos resultados sugieren que adicionar harina de *B. alicastrum* (10 y 20 %) a la harina de maíz mejoró el valor nutricional y funcional de tortillas sin afectar su calidad (rolabilidad, grado de inflado y pérdida por cocción)

Domínguez-Zarate et, al. (2019). Realizó un estudio donde evaluó el efecto de incorporar harina de semilla de *B. A* en diferentes proporciones. Al añadir la harina B.A a la harina de maíz resultó una masa más adhesiva (3,97 a 4,96 N), además resultaron menos duras, pero más cohesivas. Las tortillas fueron a su vez más flexibles al ser más deformables (3,73 a 4,84 N). Observaron que agregar el 10 % de harina de *B. alicastrum*, mostraron valores bajos de color con respecto al control ($\Delta E=7.77$ y 22.95 para tortilla y pan de caja, respectivamente). El contenido de fibra dietética total aumentó en un 26 % en tortillas y 54 % en pan de caja al utilizar 10% de harina de semilla de *B. alicastrum*. Los resultados indican que se puede utilizar un 10% de harina de ramón en tortillas o panes sin afectar las propiedades de textura; además, a pesar de los cambios en la coloración, no es un inconveniente por los consumidores, y su uso incrementa el contenido de fibra dietética total.

JUSTIFICACIÓN

En México, los totopos son botanas de tortilla de maíz muy populares en la dieta y se caracterizan por ser alimentos listos para el consumo, constituyendo un mercado de miles de consumidores, por su facilidad de adquisición y buen sabor; sin embargo, durante el proceso de obtención de las botanas de maíz y de tortilla de maíz nixtamalizado, es común utilizar la fritura profunda. No obstante, el uso de este método puede provocar oxidación térmica que conduce al desarrollo de peróxidos, que afectan negativamente la salud humana y que se caracterizan por su alta inestabilidad al degradarse en productos secundarios, lo que origina olores y sabores desagradables para el consumidor. La oxidación de lípidos es uno de los principales problemas en el almacenamiento de productos fritos. Por esta razón, en la industria de aceites es habitual el uso de antioxidantes sintéticos para retardar la rancidez oxidativa; sin embargo, se presume que dichos antioxidantes sintéticos presentan toxicidad en humanos. Por lo tanto, hay un creciente interés en el uso de antioxidantes naturales o de harinas ricos en ácidos fenólicos y flavonoides para la formulación de distintos alimentos.

Por lo tanto, es conveniente incorporar harinas con alta capacidad antioxidante y evaluar métodos de cocción para obtener una botana saludable con bajo contenido de grasa y nutritivo. Se propone como alternativa el uso de harina de *Brosimum alicastrum* porque es una fuente importante de compuestos fenólicos y alta actividad antioxidante. En un estudio realizado por Ozer (2017), se determinó que la harina de semillas tostadas de Ramón tuvo un mayor contenido de compuestos fenólicos (CFT) y antioxidante en comparación de otros frutos secos como la nuez, cacahuete y almendra. Además, Moo-Huchin *et al.* (2019) reportaron que los compuestos fenólicos más predominantes de la harina de semillas de Ramón fueron el ácido clorogénico, ácido vanílico, catequina y ácido sinápico. De igual manera, demostraron que los antioxidantes de la semilla redujeron el contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico de carne cocida. Estos argumentos apoyan la idea de la incorporación del *Brosimum alicastrum* a la harina de maíz nixtamalizada para el desarrollo de una botana, para producir un alimento con mejores características nutricionales y compuestos fenólicos que retarden la oxidación lipídica. El desarrollo de esta botana pretende aprovechar la oportunidad y necesidad que representa la elaboración de nuevos productos naturales para mejorar el valor nutritivo de los alimentos, lograr dietas balanceadas y proveer beneficios fisiológicos para el control o la prevención de enfermedades.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar diferentes tratamientos de cocción y fortificación antioxidante con Harina de Ramón sobre la estabilidad oxidativa y almacenamiento de botanas de maíz nixtamalizado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar distintos tratamientos de cocción y fortificación antioxidante a través del contenido de lípidos totales, valores de P-anisidina, índice de peróxido, TBAR'S, TOTOX, dienos (K232), trienos (K272) y color de las botanas.
2. Comparar distintos tratamientos de cocción y fortificación antioxidante a través de las propiedades bioactivas de las botanas.
3. Determinar la aceptación sensorial de botanas de maíz nixtamalizado con menor grado de oxidación lipídica.
4. Evaluar los cambios de humedad, textura e índice de peróxido durante el almacenamiento (40 días a 25 °C) de botanas que tuvieron mejor aceptación sensorial.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ESTRATEGIA GENERAL

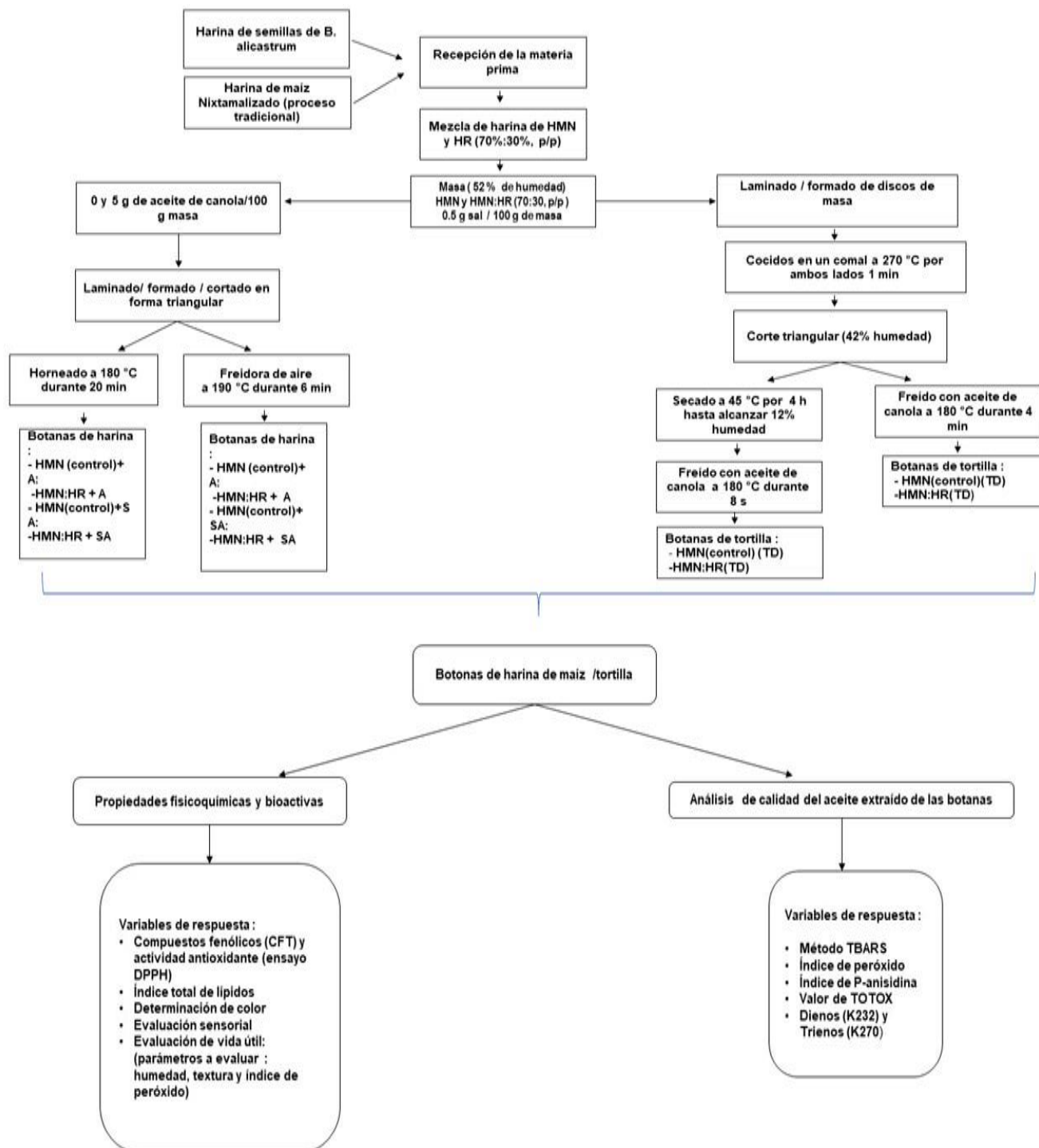


Figura 2.1 Estrategia general de trabajo

Para el desarrollo del trabajo de investigación, la estrategia se dividió en tres etapas (Fig. 2.1).

1. En la primera consistió en la colecta, selección, procesamiento de la materia prima, obtención de la mezcla (30 % HR y 70 % de HMN p/p), elaboración de masa (52 % de humedad / adición de 0.5 g de sal/ 100 g de masa) y obtención de discos de masa; posteriormente se comparó distintos tratamientos de cocción a través del contenido de lípidos totales, valores de P-anisidina, índice de peróxido, TBAR'S, TOTOX, dienos (K_{232}), trienos (K_{272}) , color de las botanas y fortificación antioxidante a través de las propiedades bioactivas.
2. En la segunda etapa se realizó una evaluación sensorial para determinar la aceptación de las botanas de maíz nixtamalizado con el menor grado de oxidación lipídica.
3. la tercera etapa se evaluó los cambios de humedad, textura e índice de peróxido durante el almacenamiento (40 días a 25 °C) en las botanas que tuvieron mejor aceptación sensorial.

2.2 Obtención de harina de maíz nixtamalizada

El proceso de nixtamalización tradicional se realizó siguiendo el procedimiento descrito por (Mariscal-Moreno et al. 2022). Este procedimiento se basa en la cocción de maíz blanco en agua con $\text{Ca}(\text{OH})_2$, con posterior reposo por 14 h en el líquido de cocción. El nixtamal previamente lavado con agua potable se molió en un molino de piedra comercial para obtener la masa con una humedad ~52 %. Durante la molienda se añadió una cantidad predeterminada de agua para evitar el sobrecalentamiento y una gelatinización excesiva (Campus-Baypoli et al. 1999). La masa obtenida fue secado a 75 °C durante 4 h en un horno de convección con posterior molienda en Nutribullet y tamizado en una malla No. 80 para obtener harina de maíz nixtamalizado (HMN) envasado en bolsa Ziploc® a 4°C hasta la elaboración de discos de masa.

2.3 Obtención de Harina de Semillas *Brosimum alicastrum*

Los frutos del árbol Ramón fueron recolectados (15 kg) en un Jardín del Instituto Tecnológico de Mérida, Yucatán, México durante el periodo de junio a julio de 2022. Para el estudio, los frutos maduros fueron seleccionados con base en el color de su cáscara (amarillo-naranja), lavados con agua potable y la semilla fue separada del fruto de forma

manual. Las semillas se secaron en una estufa de convección (SHELL LAB 1350FX10) a 55 °C durante 72 h, retirando la piel que envuelve a la semilla. Después del secado, las semillas se trituraron en un procesador de alimentos (Nutribullet 600 W 101126), tamizados en una malla No. 80 para obtener la harina (HR) (Pérez-Pacheco et al. 2014) que fue colocado en bolsa Ziploc® y almacenado a 4 °C hasta su uso.

2.4 Preparación de las Mezclas de Harina, Obtención de Masa y Totopos

Para el diseño de la formulación, se partió de estudios realizados por Moo-Huchin et al. (2019) La harina HMN se mezcló con la harina de HR en una batidora Kitchen Aid® (Kitchen Aid Inc.St. Joseph, USA) durante 5 min. La HMN y HMN:HR (70:30, p/p) fueron hidratados con agua purificada que contenía sal de mar grano fino (SAL SOL®) (0.5 g/100 g masa) hasta obtener una masa con 52 % de humedad usando la batidora previamente mencionada con mezclador tipo paleta.

En el presente estudio se consideran diferentes procedimientos y formulaciones para la preparación de discos de masa y tortillas para la obtención de botanas (Fig. 2.2):

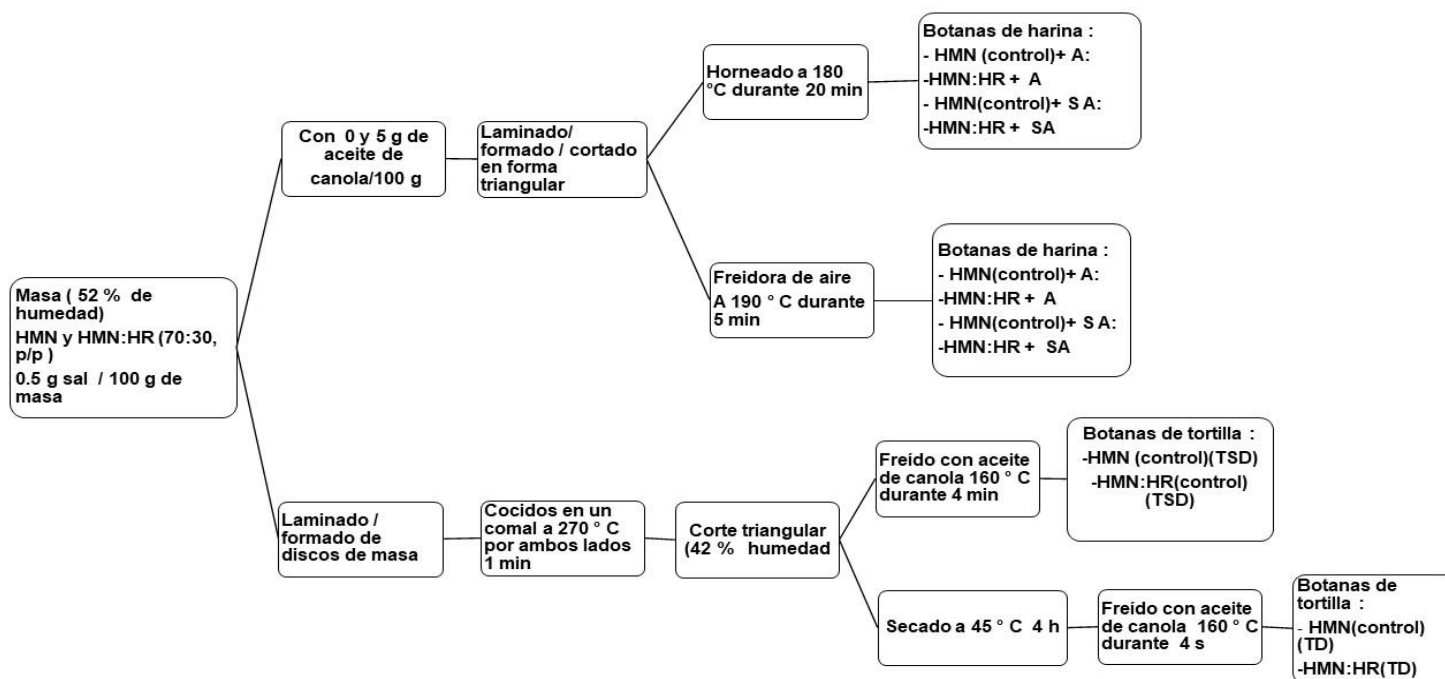


Figura 2.2 Diagrama de proceso de elaboración de botanas

- 1) Adición de aceite de canola (0 y 5 g/100 g masa) para la elaboración de discos de masa
- 2) Discos de masa cocidos en comal de acero para la obtención de tortillas
- 3) Discos de masa cocidos en comal de acero para la obtención de tortillas con posterior secado a 45 °C durante 4 h.

A la masa de cada muestra se le dio forma de discos delgados (12.5 cm de diámetro y 1.2 mm de espesor) en una máquina de tortillas manual de rodillos TM-G (Máquinas González, México) y cocidos sobre un comal a 270 °C por ambos lados durante 1.0 min para obtener las tortillas.

2.5 Método de cocción

Se utilizaron tres métodos de cocción: horneado por convección, freidora de aire y fritura profunda.

Horneado y freidora de aire. El horno de convección Oster® TSSTTVOO45 y la freidora de aire (Gourmia GAF798) fueron precalentados a 180 °C durante 15 min y 190 °C durante 10 min, respectivamente. Los discos de masa obtenidos en el procedimiento 1 fueron cortados en forma de triángulos (6 cm de lado) con un cortador de galletas. Las muestras triangulares se colocaron en una sola capa sobre una bandeja para hornear en el horno por convección y en una cesta antiadherente para freír al aire, sometidos a cocción a 180 °C durante 20 min (Sugumaran *et al.* 2019) y 190 °C durante 6 min (se voltearon cada 3 min), respectivamente. Las botanas obtenidas en ambos métodos de cocción se dejaron enfriar 10 min a 25 °C, envasados en bolsas Ziploc® y almacenados a 4 °C.

2.6 Método de cocción: fritura profunda

Para la fritura profunda se utilizó una mini freidora eléctrica RCA® modelo: RC-DF2, 800 W que fue precalentado a una temperatura de 190°C durante 20 min, después del tiempo de calentamiento, en una canastilla de acero inoxidable se acomodaron las tortillas previamente cortadas en triángulos de (6 cm por lado), seguidamente se frieron a una temperatura de 190 °C a 4 min, se siguió el mismo procedimiento para las botanas que fueron deshidratadas a la misma temperatura pero con tiempo de 4 s, se dejaron enfriar y

escurrir el exceso de aceite en un tazón con papel. Posteriormente se almacenaron en bolsas Ziploc® y se almacenaron a 4 °C.

2.7 Análisis de oxidación de lípidos en botanas

2.7.1 Determinación cualitativa de esteroides

Se pesó 10 g de muestra previamente triturado en un matraz elmeier de 250 ml, se adicionó 60 ml de éter de petróleo y se homogenizó en un (IKA®T18 digital ultra turrax®) durante 1 min, posteriormente la mezcla se filtra en papel Whatman # 1 en un vaso precipitado de 250 ml envuelto en papel aluminio y el sólido sobrante se vuelve a mezclar con 40 ml de éter de petróleo por 1 min, ambos filtrados se mezclan. Para la extracción de aceite se eliminó el disolvente en un rota vapor marca (ROTADEST MIA® KUTESZ) y se evaporó en un baño maría (HB4 BASIC IKA® - WERKE) a una temperatura de 50 ° C, el aceite obtenido se recolectó con una pipeta Pasteur y se deposita en tubos de centrifugación Corning de 15 ml, los tubos son cubiertos con papel aluminio y se resguarda en un congelador a -10 ° C hasta su uso.

2.7.2 Método TBARS

Se pesó 1 g de aceite, posteriormente se homogeneizó con 50 mL de agua destilada durante 2 min en un IKA®T18 digital ultra turrax®. Para alcanzar un pH de 1.5 se adicionaron 2.5 mL de HCl 4M. La mezcla se adiciona en un matraz balón y se agregó 8 gotas de octanol, luego se calentó a ebullición para destilar, se recuperaron 5 ml del destilado. Se preparó el blanco utilizando 5 ml de agua destilada y 5 ml del reactivo TBA sin añadir la muestra. Se colocaron 5 mL del destilado en un tubo y mezclado con 5 ml de reactivo TBA (0.02 M).

La mezcla fue incubada en baño maría HB4 BASIC IKA® - WERKE a 90°C durante 35 min. La mezcla se dejó enfriar en agua por 15 min. Se midió la absorbancia de la solución frente a un blanco a 538 nm. Todas las muestras se hicieron por duplicado.

2.7.3 Índice de peróxidos

Se realizó por el método establecido por la norma mexicana NMX-F154-SCFI-2010 con algunas modificaciones. El valor de peróxidos se calculó mediante una titulación por duplicado, en un matraz Erlenmeyer se pesaron 0.3 g de aceite que previamente se obtuvo de la muestra; seguidamente se agregó 10 ml de una solución compuesta por 4 ml de cloroformo y 6 ml ácido acético (2:3) y se mezcló por 5 min. Se adiciono 1 ml de solución saturada de yoduro de potasio (14.28 g KI disuelto en 10 ml agua destilada). Se envolvió el matraz con papel aluminio y con un tapón de hule, se mezcló durante 1 min y se dejó reposar durante 5 min, se añadió 20 ml de agua destilada y se agito durante 1 min hasta observar el color amarillo. Posteriormente se añadió 1 ml de indicador de almidón soluble al 1.5 % en agua destilada, se agitó hasta alcanzar un color gris-azul, seguidamente se tituló con tiosulfato de sodio 0.01 N hasta decolorar el gris-azul. Los resultados se calculan con la ecuación

$$\text{índice de peróxido} = \frac{(M - T) \times N \times 100}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

T = titulación del testigo, mL(0.01)

M = titulación de la muestra, mL

N = normalidad de la solución de Tiosulfato de Sodio

2.7.4 Índice de P-ANISIDINA

El índice de p-anisidina se determinó de acuerdo con el método Cd 18-90 de la AOCS (2009). Se peso 1 g de muestra de aceite, se disolvió y aforo a 25 ml con hexano, para leer su absorbancia (Ab) a 350 nm, se utilizó como blanco el hexano. Después de leer la absorbancia se tomó 5 ml del aforado se colocaron en tubos y se agregó 1 ml de P-anisidina, las muestras se homogenizo en un Vortex por 30 s y se dejó reposar 10 min, después de pasar el tiempo de reposo se leyó su absorbancia (As) a 350 nm. Se uso como blanco 5 ml hexano y un 1 ml de P-anisidina. Todas las muestras se hicieron por duplicado. Por último, el índice de p-anisidina se calculó con la siguiente ecuación:

$$IA = \frac{25 \times (1.2A_s - A_b)}{m}$$

Donde:

A_s = Absorbancia de la solución de grasa, después de la reacción con el reactivo de la P-anisidina.

A_b = Absorbancia de la solución grasa

m = peso de la muestra en g

2.7.5 Índice de TOTOX

Este análisis se determinó el número de oxidación total de una grasa o aceite, este proceso identifica el grado de rancidez o frescura (AOCS, 2017).

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$\cdot \text{Valor de totox} = AV + 2PV$$

Donde:

PV=Valor de peróxido

AV= Valor de P-anisidina

2.7.6 Determinación De DIENOS (K232) Y TRIENOS(K270) conjugados

La determinación de dienos y trienos conjugados se hizo de acuerdo con el método reportado por la AOAC (1995) con ligeras modificaciones.

Se peso 0.02 g de muestra de aceite, se disolvieron y se aforó en 10 ml de hexano HPLC, posteriormente se midió la absorbancia a 232 nm (dienes) y 270 nm (trieno) en celdas de cuarzo. Se utilizó como blanco el hexano HPLC.

2.7.7 Compuestos Fenólicos (CFT) y actividad antioxidante

Se realizó extracción de compuestos fenólicos, Se pesó 1 g de polvo de botanas, posteriormente fue homogeneizado con 10 mL de etanol 80 % (v/v, en agua destilada), seguidamente la mezcla se sometió a extracción por 30 min a 30 °C utilizando un baño de ultrasonidos (240 w de potencia, una frecuencia de 40 KHz y amplitud de potencia de 100 %). Los extractos crudos fueron centrifugados por 10 min a 3,500 rpm, recuperando el sobrenadante. El pellet se sometió a una segunda extracción siguiendo el mismo procedimiento. El sobrenadante de ambas extracciones se combinó hasta completar un volumen final de 20 mL con el mismo disolvente de extracción (etanol 80 %) y se almacenaron a -20 °C.

Se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) (reactivo Folin-Ciocalteu's) de extractos de botanas, se realizó de acuerdo con el método descrito por Moo-Huchin et al. (2014). El método se basa en mediciones espectrofotométrica (765 nm), se utilizó un espectrofotómetro UV-Vis Angilet Technologies Cary60. Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/ 100 g de polvo seco (PS) para CFT. La actividad antioxidante de los extractos de botanas se estableció utilizando el ensayo DPPH (μM trolox / 100 g de polvo PS) (Moo-huchin et al. 2014)

2.8 Análisis Físicoquímicos de Botanas

2.8.1 Absorción de Lípidos Totales

La determinación del índice total de lípidos, se usó el método descrito AOAC (920.39), con ligeras modificaciones. Se introdujeron los recolectores a peso constante en una estufa de convección a 100°C durante 12 horas. Luego se pesó 2.5 g de muestra en un papel filtro, posteriormente se coloca la muestra en los cartuchos para ser colocados en el extractor soxhlet, se dejó extraer durante 6 horas, después del tiempo de extracción se colocaron los recolectores en la estufa convección a 100 °C durante 60 min, se deja en el desecador durante una hora, para luego pesar los recolectores con la grasa. Los resultados se calculan con la ecuación

$$\text{Grasa cruda \%} = \frac{B - A}{C} * 100$$

A= peso del recolector limpio y seco (g)

B= peso del recolector con grasa (g)

C= peso de muestra (g)

2.8.2 Absorción de Lípidos Totales

Para medir color se usó el método triestímulo Hunter Lab, se basa en la determinación por reflexión de la luz de tres parámetros: L (luminosidad, a^* (coordenada de cromaticidad $+a^*$ =rojo, $-a^*$ =verde) y b^* (coordenada de cromaticidad: $+b^*$ =amarillo, $-b^*$ =azul). La medición de color en botanas, se hicieron por triplicado por tratamiento, se utilizó un colorímetro digital Chnamoe-1® modelo: cs-10. Las lecturas de cada muestra se realizaron por triplicado y se realizó la lectura en cuatro partes diferentes de la botana. Se obtuvieron los valores de L^* , a^* y b^* , se calculó el ángulo de tono y la cromaticidad.

2.8.3 Evaluación Sensorial

Se llevo acabo la evaluación sensorial de botanas de maíz nixtamalizado con menor grado de oxidación lipídica. Se seleccionó un panel de 52 personas no entrenadas del Instituto Tecnológico de Mérida (ambos sexos, entre 20- 40 años), para la prueba sensorial se ofreció primero la botana control antes de la muestra con *B. alicastrum*, los participantes recibieron un conjunto de muestras separadas (1 pieza por cada muestra), los panelistas evaluaron los siguientes atributos sensoriales: textura, olor/aroma y aceptabilidad global. Los atributos sensoriales se evaluaron con una prueba hedónica donde marcaron el nivel de aceptación (disgusta y gusta).

2.9 Estudio de Almacenamiento de Botanas

Se realizó un estudio de almacenamiento de botanas que obtuvieron mejor aceptación sensorial, fueron empacadas en bolsas ziploc®, cada empaque contenía 120 g de botanas, se mantuvieron a una temperatura de 25 °C durante 40 días y se evaluaron los parámetros de humedad, textura e índice de peróxido, las mediciones se llevaron a cabo cada 5 días.

2.9.1 Humedad

Se determino por el método descrito por AOAC (925.10). Se peso un 1 g de muestra previamente triturada, posteriormente se introdujo los crisoles (previamente los crisoles se sometieron a peso constante en un horno a 100°C durante 24 horas) con muestra en un horno a temperatura 100°C por 12 horas, luego se pesó los crisoles con la muestra seca en la balanza analítica. Los resultados se calculan con la siguiente ecuación: Los resultados fueron expresados en porcentaje (%).

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(M - M_2)}{M} * 100$$

M₁: peso de crisol con muestra húmeda

M₂: peso de crisol con muestra seca

M: peso de muestra (g)

2.9.2 Textura

Para la medición de textura en botanas, se utilizó una máquina INSTRON modelo:4442 SYSTEM ID (NUMBER 4442-C6521) y una probeta con punta, se seleccionaron 6 botanas de cada lote con 6 cm por lado. Las muestras fueron sometidas a 80 % de carga máxima con una celda de carga de 50 kg y una velocidad de cruceta de 25 mm/min. todos ensayos fueron realizados a temperatura ambiente en muestras extraídas de un único envase recién abierto. Los parámetros mecánicos utilizados fueron la fuerza de fractura (Fuerza, N).

2.9.3 Índice de peróxido

Se realizó por el método establecido por la norma mexicana NMX-F154-SCFI-2010 con algunas modificaciones.

2.10. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar y se realizó una comparación de medias mediante una prueba de Tukey a un nivel de significancia de $P \leq 0.05$ con el paquete estadístico Statgraphics CENTURION XVI.II

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Color CIE en botanas

El color es la principal característica de cualquier alimento y para el consumidor es el primer estímulo sensorial recibido, ya que aumenta el atractivo y la aceptabilidad de estos (Hernandez-Aguilar et al. 2022). El color en las botanas fue medida en el espacio de color L^* , a^* y b^* ; en donde L^* es referente a la luminosidad (0=negro y 100= blancos), a^* va de verde a rojo y b^* va de azul a amarillo. En la tabla 3.1 se muestran los resultados de color en botana HMN y botana con 30 % de sustitución de harina de *B. alicastrum*. De manera general, los valores de color L^* , b^* y Hue mostraron una tendencia a disminuir cuando la botana fue adicionado con harina *B. alicastrum*, mientras se incrementó los valores de a^* , con respecto a las botanas de solo HMN. La coloración marrón de las botanas que tienen harina de Ramón se le atribuye al fraccionamiento del tamaño de partícula de la harina, este factor debe considerarse, ya que existe una correlación sobre el porcentaje de reflectancia de la harina, donde un tamaño de partícula menor ocasiona mayor reflectancia (Moo- Huchin et al. 2019). Otro factor que influye en el color es la cocción, durante este proceso se desarrollan colores más intensos debido a la reacción de Maillard (Serna-Saldívar et al. 2021). La coloración marrón de las botanas no representaría una desventaja para su consumo, ya que en el mercado existen variedades comerciales que tiene coloración verdes u oscuras y son preferidas por parte del consumidor (Moo- Huchin et al. 2019).

3.2 Compuestos Fenólicos Totales (CTF) y Actividad Antioxidante DPPH

Los compuestos bioactivos tienen diferentes mecanismos de reacción que ayuda a retrasar la oxidación de lípidos que es ocasionado por radicales libres (Moo- Huchin et al. 2019). En lo que respecta la investigación; en la tabla 3.1 reporta el contenido de compuestos fenólicos (CTF), las botanas con adición de harina de *B. alicastrum* aumentaron entre 11.0 y 14.0 veces en comparación a la muestra control, y en la actividad antioxidante 1.8 y 2.5 veces. Esto indica que la adición de harina de *B. alicastrum* a la harina de maíz nixtamalizado, aumenta el contenido de compuestos bioactivos y su actividad antioxidante. En este sentido (Ozer 2017) señala que la harina de *B. alicastrum* presenta alto contenido de compuestos fenólicos, que favorecen su actividad antioxidante.

Tabla 3.1. Resultados de Color CIE, compuestos fenólicos totales (CTF) y capacidad antioxidante de botanas de maíz con harina B. alicastrum

Formulación	Método de cocción	L*	a*	b*	Hue	C*	DPPH	CTF
HMN + A	Horneado	66.91±4.18 ^{cde}	4.95±1.49 ^{abc}	12.59±2.57 ^{cd}	67.91±8.17 ^{de}	13.63±2.18 ^{bcd}	20.24±0.34 ^c	96.75±4.26 ^{ab}
HMN + A	Freidora de aire	72.35±0.25 ^{ef}	2.30±0.23 ^a	9.75±0.44 ^{abc}	76.66±1.91 ^e	10.02±0.37 ^{ab}	18.74±0.97 ^{bc}	73.25±1.73 ^a
HMN (TD)	Fritura profunda	67.21±1.54 ^{cde}	3.94±0.48 ^{ab}	12.37±1.67 ^{bcd}	72.31±0.21 ^e	12.98±1.74 ^{abcd}	15.60±0.38 ^a	57.50±5.66 ^a
HMN + SA	Horneado	71.42±4.35 ^{def}	3.79±0.24 ^{ab}	11.52±1.49 ^{bcd}	71.56±2.92 ^e	12.13±1.38 ^{abc}	21.26±0.59 ^c	123.08±7.01 ^{ab}
HMN + SA	Freidora de aire	76.01±1.90 ^f	3.48±2.49 ^{ab}	15.57±2.60 ^d	78.20±6.15 ^e	16.02±3.12 ^{cd}	25.71±1.32 ^d	151.83±9.70 ^b
HMN (TSD)	Fritura profunda	64.57±2.93 ^{bcd}	6.22±0.36 ^{bcd}	14.38±2.06 ^{cd}	66.34±3.61 ^{cde}	15.69±1.83 ^{cd}	19.34±0.26 ^{bc}	83.83±5.34 ^a
HR: HMN + A	Horneado	54.53±1.33 ^a	7.22±1.10 ^{cde}	9.93±0.33 ^{abc}	54.10±4.97 ^{bc}	12.31±0.41 ^{abc}	28.60±1.92 ^e	606.42±26.65 ^d
HR: HMN + A	Freidora de aire	59.05±2.62 ^{ab}	4.55±0.41 ^{abc}	11.02±2.03 ^{abcd}	67.30±3.14 ^{cde}	11.94±1.96 ^{abc}	28.53±0.70 ^e	653.17±9.70 ^{de}
HR: HMN (TD)	Fritura profunda	52.96±0.62 ^a	5.79±0.00 ^{bcd}	6.21±1.44 ^a	46.50±6.23 ^{ab}	8.53±1.09 ^a	17.13±0.65 ^{ab}	442.58±12.95 ^c
HR: HMN + SA	Horneado	55.82±2.15 ^a	8.80±0.70 ^{de}	7.52±1.13 ^{ab}	40.38±2.81 ^a	11.59±1.19 ^{abc}	35.56±0.34 ^f	827.42±44.69 ^g
HR: HMN + SA	Freidora de aire	63.18±1.96 ^{bc}	9.53±1.33 ^e	14.38±0.99 ^{cd}	56.57±2.02 ^{bcd}	17.26±1.55 ^d	29.35±1.02 ^e	760.00±7.04 ^f
HR: HMN (TSD)	Fritura profunda	57.74±2.29 ^{ab}	8.38±0.43 ^{de}	9.59±1.44 ^{abc}	48.63±5.54 ^{ab}	12.77±0.89 ^{abcd}	39.36±0.61 ^g	719.83±53.98 ^{ef}

Nota: HMN + A: harina de maíz nixtamalizado con aceite, HMN (TD): tortilla de maíz deshidratada, HMN+SA: tortilla de maíz sin aceite, HMN (TSD): tortilla de maíz sin deshidratar; HR: HMN + A: harina de Ramón: harina de maíz con aceite, HR: HMN (TD) harina de Ramón: harina de maíz; tortilla deshidratada, HR: HMN + SA: harina de Ramón: harina de maíz sin aceite, HR: HMN (TSD) harina de Ramón: harina de maíz; tortilla sin deshidratar. Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

3.3 Oxidación Lipídica de Botanas de Harina De Maíz Nixtamalizado Fortificado con Harina de *Brosimum alicastrum*

Para la determinación de la oxidación lipídica en las botanas se necesitan evaluar diferentes parámetros que expliquen la serie de reacciones que ocurren durante el proceso de cocción; sin embargo, debido a la validez limitada de los métodos de medición, se recomienda la combinación de diferentes métodos de detección, en este sentido, para monitorizar la oxidación lipídica de las muestras, previamente se extrajo el aceite de las botanas y se evaluaron los siguientes parámetros: índice de P-anisidina, Valor de peróxido, valor TOTOX, TBARS, dienos (K232) y trienos (K270) conjugados (Ramroudi, Ardakani, & Sadrabad, 2022). Con respecto a la investigación, en la tabla 3.2 se muestran los resultados de oxidación lipídica de botanas que fueron sometidas a diferentes métodos de cocción (horneado, freidora de aire, fritura profunda); para todas las muestras se utilizó un control. Las botanas que fueron cocidas en fritura profunda, HMN (TD), p-AV (9.19 ± 0.73), IP (12.22 ± 0.48 meq O₂ / kg); TOTOX (33.64 ± 1.69 g/ml) no mostraron una diferencia significativa en comparación a las botanas HMN (TSD) p-AV (9.58 ± 1.10) y el IP (10.00 ± 0.00 meq O₂ / kg); TOTOX (29.58 ± 1.10 g/ml). Por otro lado, la botana HMN:HR (TD) p-AV (7.63 ± 0.13); IP (10.56 ± 0.96 O₂ / kg); TOTOX (28.75 ± 2.06 g/ml) obtuvo un valor ligeramente menor que las botanas HMN:HR (TSD) (11.66 ± 0.19); IP (15.00 ± 0.00 meq O₂ / kg); TOTOX (41.66 ± 0.19 g/ml). Con respecto a las botanas que fueron horneadas HMN+SA, se obtuvieron valores más altos; p-AV (27.32 ± 0.25), IP (56.11 ± 1.92 meq O₂ / kg), TOTOX (139.69 ± 3.60 g/ml) y HMN: HR + SA, p-AV (29.16 ± 2.32), IP (54.44 ± 0.96 meq O₂ / kg), TOTOX (138.05 ± 4.24 g/ml) en comparación a las demás botanas. Por otra parte, el valor de K232 y K270, en fritura profunda, las botanas HMN (TSD) y HR: HMN, para ambos casos fueron las que obtuvieron los valores más bajos de oxidación (7.27 ± 0.02 , 1.40 ± 0.01), (7.85 ± 0.01) (1.68 ± 0.01), en comparación con las demás botanas. De acuerdo con los resultados, las botanas que fueron horneadas: HMN+SA y HMN:HR+SA, fueron las que obtuvieron los valores más altos de oxidación (20.63 ± 0.05 , 4.08 ± 0.00); (17.25 ± 0.05 , 4.18 ± 0.02), respectivamente. De manera general, las botanas que fueron cocidas por el método fritura profunda obtuvieron los valores más bajos de oxidación primaria y secundaria. Con respecto a los resultados de índice total de lípidos, las botanas control que fueron cocidas en freidora de aire HMN+A (11.74 ± 0.53 %) y horno de convección HMN+ A (11.50 ± 0.46 %) obtuvieron valores similares. Para las botanas que fueron adicionadas con

B. alicastrum muestra HMN:HR+A para los métodos antes mencionados, se obtuvieron valores más bajos (9.24 ± 0.52 %) (9.93 ± 0.36 %). Considerando los mismos métodos, pero sin aceites, se observa que el porcentaje de lípidos de la botana HMN+SA (2.36 ± 0.06 %), fue ligeramente inferior a la botana que se coció en freidora de aire (3.84 ± 0.29 %). Las botanas HMN:HR + SA, para los mismos métodos, obtuvieron porcentajes similares (2.40 ± 0.09 %); (3.04 ± 0.01 %), respectivamente. En cuanto los resultados en fritura profunda para ambas muestras HMN (TSD) (16.21 ± 0.17 %) HMN:HR (TSD) (16.15 ± 0.24 %), se puede observar que el porcentaje de lípidos fue parecido, mientras que los porcentajes en las muestras HMN (TD) (9.78 ± 0.18 %) y HMN:HR (TD) (8.32 ± 0.11 %) fueron los más bajos. La oxidación de lípidos es un problema muy importante que afecta directamente la calidad de los alimentos, especialmente para aquellos alimentos con alto contenido de grasas insaturadas (Parisi, 2016). Sin embargo, existe evidencia donde indica que los compuestos fenólicos son menos volátiles y son considerados estabilizadores durante la fritura, además se ha demostrado que dichos compuestos son capaces de inhibir la oxidación lipídica (Wu et al. 2019). La botana que resultó con menor oxidación primaria y secundaria fue HMN:HR (TSD) que fue cocida en fritura profunda, este resultado se puede explicar por los compuestos fenólicos presentes y la actividad antioxidante de la harina de Ramón. Sin embargo, al respecto, los otros métodos de cocción incremento la oxidación lipídica, pero este aumento puede deberse al tipo de método aplicado para la cocción de las botanas, es decir, si prolongamos el tiempo de cocción y el uso de altas temperaturas hace a las botanas más susceptible a la oxidación, limitando su vida de almacenamiento (Zaghi, Barbalho, & Otoboni, 2019). En base a este resultado se sugiere el uso de la fritura profunda para la elaboración de botanas adicionadas con B. alicastrum. En otro resultado, (Serna-Saldívar, 2019) menciona que las botanas de maíz y de tortilla absorben el 26-36 % y 16-24 % después de la cocción, respectivamente. No obstante, en esta investigación las botanas cocidas por los tres métodos de cocción (fritura profunda, freidora de aire y horno de convección) mostraron valores inferiores a los indicados por dicho autor.

Tabla 3.2 Resultados de estabilidad oxidativa y contenido de lípidos totales de botanas de maíz adicionados harina B. alicastrum

Formulación	Método de cocción	p-AV	IP	Totox	TBARS	K ₂₃₂	K ₂₇₀	Grasa (%)
HMN + A	Horneado	11.05±0.99 ^{bc}	36.11±3.85 ^c	83.85±8.68 ^c	1.74±0.01 ^d	8.48±0.01 ^{ab}	1.50±0.01 ^a	11.50±0.46 ^e
HMN + A	Freidora de aire	25.67±0.29 ^e	51.66±2.89 ^d	129.01±5.48 ^e	1.21±0.03 ^c	13.91±1.07 ^d	2.91±0.55 ^b	11.74±0.53 ^e
HMN (TD)	Fritura profunda	9.19±0.73 ^{ab}	12.22±0.48 ^a	33.64±1.69 ^{ab}	1.18±0.02 ^c	8.52±0.00 ^{ab}	1.45±0.00 ^a	9.78±0.18 ^d
HMN + SA	Horneado	27.32±0.25 ^{ef}	56.11±1.92 ^d	139.69±3.60 ^e	0.43±0.01 ^a	20.63±0.05 ^g	4.08±0.00 ^c	2.36±0.06 ^a
HMN + SA	Freidora de aire	21.61±0.52 ^d	39.44±1.93 ^c	100.50±3.33 ^d	0.65±0.05 ^b	13.8±1.21 ^d	2.74±0.24 ^b	3.84±0.29 ^b
HMN (TSD)	Fritura profunda	9.58±1.10 ^{abc}	10.00±0.00 ^a	29.58±1.10 ^a	1.18±0.01 ^c	7.27±0.02 ^a	1.40±0.01 ^a	16.21±0.17 ^f
HMN:HR + A	Horneado	12.51±0.13 ^c	36.11±3.85 ^c	84.74±7.83 ^c	2.07±0.04 ^e	9.55±0.14 ^b	1.86±0.06 ^a	9.93±0.36 ^d
HMN:HR + A	Freidora de aire	7.43±0.67 ^a	18.89±1.92 ^b	45.21±4.52 ^b	0.70±0.02 ^b	7.87±0.00 ^a	1.36±0.01 ^a	9.24±0.52 ^d
HMN:HR + A (TD)	Fritura profunda	7.63±0.13 ^a	10.56±0.96 ^a	28.75±2.06 ^a	0.47±0.01 ^a	11.38±0.05 ^c	2.61±0.02 ^b	8.32±0.11 ^c
HMN:HR + A + SA	Horneado	29.16±2.32 ^f	54.44±0.96 ^d	138.05±4.24 ^e	1.67±0.01 ^d	17.25±0.05 ^f	4.18±0.02 ^c	3.04±0.01 ^{ab}
HMN:HR + A + SA	Freidora de aire	20.77±2.00 ^d	52.78±0.96 ^d	126.33±3.93 ^e	1.65±0.08 ^d	15.32±0.01 ^e	3.78±0.01 ^c	2.40±0.09 ^a
HMN:HR + A (TSD)	Fritura profunda	11.66±0.19 ^{bc}	15.00±0.00 ^{ab}	41.66±0.19 ^{ab}	1.12±0.01 ^c	7.85±0.01 ^a	1.68±0.01 ^a	16.15±0.24 ^f

Nota: HMN + A: harina de maíz nixtamalizado con aceite, HMN (TD): tortilla de maíz deshidratada, HMN+SA: tortilla de maíz sin aceite, HMN (TSD): tortilla de maíz Sin deshidratar; HR: HMN + A: harina de Ramón: harina de maíz con aceite, HR: HMN (TD) harina de Ramón: harina de maíz; tortilla deshidratada, HR: HMN + SA: harina de Ramón: harina de maíz sin aceite, HR: HMN (TSD) harina de Ramón: harina de maíz; tortilla sin deshidratar.

Los resultados son promedios de tres repeticiones ± desviación estándar; valores con diferentes letras dentro de cada columna son significativamente diferentes a $P \leq 0.05$

3.4 Estudio de almacenamiento de botanas

3.4.1 Determinación de humedad

La humedad es un parámetro importante que debe considerarse durante el almacenamiento de un alimento (Morales L. E., 2020). Con respecto a esta investigación, se realizó un estudio de almacenamiento de 40 días a 25 °C en botanas de tortilla HMN (TSD) y HMN:HR (TSD) que fueron cocidas en friura profunda, se evaluó la humedad. En la figura 3.1 se observa que en el día 1 la HMN:HR (TSD) (4.22 %) obtuvo un porcentaje menor en comparación con HMN (TSD) (7.24 %). Sin embargo, en el día 25 la botana HMN:HR (TSD) (6.85 %) incrementó su humedad aproximadamente 2.63 % casi emparejando a la HMN (TSD). A partir de ese día hasta el final del estudio ambas botanas mostraron poca variación en su porcentaje de humedad. La pérdida de humedad de la botana HMN:HR (TSD) en el día 1 de almacenamiento se le atribuye a la fritura profunda ya que, durante este proceso, el agua contenida en el alimento se evapora, esto debido a las altas temperaturas que alcanza el aceite durante la cocción (Montes *et al.* 2016). Por otra parte, en el día 25; dicha botana incrementó su porcentaje humedad. Este aumento se debe a que el almidón del Ramón absorbió agua a una velocidad de cambio mayor, esto ocasionado por la ruptura del enlace intermolecular del hidrogeno en zonas amorfas (Pérez-Pacheco *et al.* 2013).

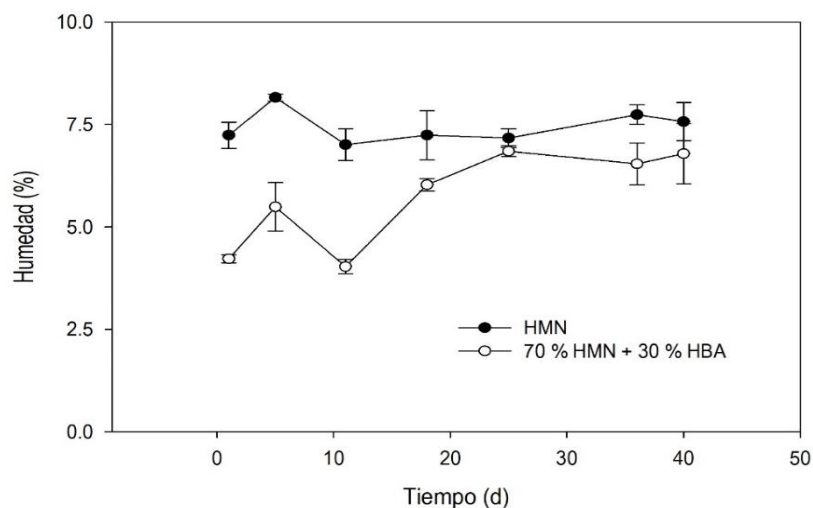


Figura 3.1 Cambios en el contenido de humedad de botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de *B. alicastrum* utilizando fritura profunda durante el almacenamiento

3.4.2 Medición de Textura: Fuerza Máxima De Rotura

Se realizaron pruebas de dureza con el propósito de conocer el comportamiento de la textura durante el almacenamiento. La textura es una característica sensorial que solo el ser humano puede percibir, cuantificar y describir, además se define por las propiedades estructurales de los alimentos (Pedreschi, Segnini, & Dejmek, 2004). En la figura 3.2 se observa los resultados que presentaron las botanas de tortilla que fueron sometidas a fritura profunda (HMN (TSD) y HMN:HR (TSD), fue almacenado a 25 ° C durante 40 días. En esta investigación se determinó que en el día 1 hasta el día 25 las botana de tortilla de maíz no mostraron una diferencia significativa con respecto a la fuerza de fractura HMN (TSD) (20.33 ± 0.56 a 21.41 ± 1.55 N) y para HMN:HR (TSD) (21.62 ± 1.38 a 19.89 ± 1.70 N), sin embargo, se observa que a partir del día 36 a 40 ambas botanas exhibieron una tendencia contraria, la botana (HMN (TSD) (24.26 ± 1.63 a 23.45 N) requiero más fuerza de fractura y la botana HMN:HR (TSD) (19.87 ± 0.56 a 18.30 ± 1.09 N) requirió menor fuerza para ruptura. La oxidación de lípidos daña las proteínas, este daño degrada considerablemente la calidad de los alimentos durante el almacenamiento más allá de la producción de olores y sabores rancios (Schaich, 2008). La co-oxidación lipídica en las botanas fritas provoca modificaciones en la superficie de las proteínas y en la formación de agregados proteicos, estas modificaciones contribuyen al endurecimiento de la textura del alimento (Schaich K. , 2014). Para resolver este problema, es posible añadir antioxidantes naturales para solucionar este problema y así prolongar la vida útil de los productos alimenticios (Wazir, Chay, Ibadullah, Zarei, & Saari, 2021). Es probable que los compuestos fenólicos presentes en la harina de *B. alicastrum* allá intervenido en la oxidación lipídica de la botana HMN:HR (TSD), asimismo evitando que se vea afectada la textura durante el almacenamiento.

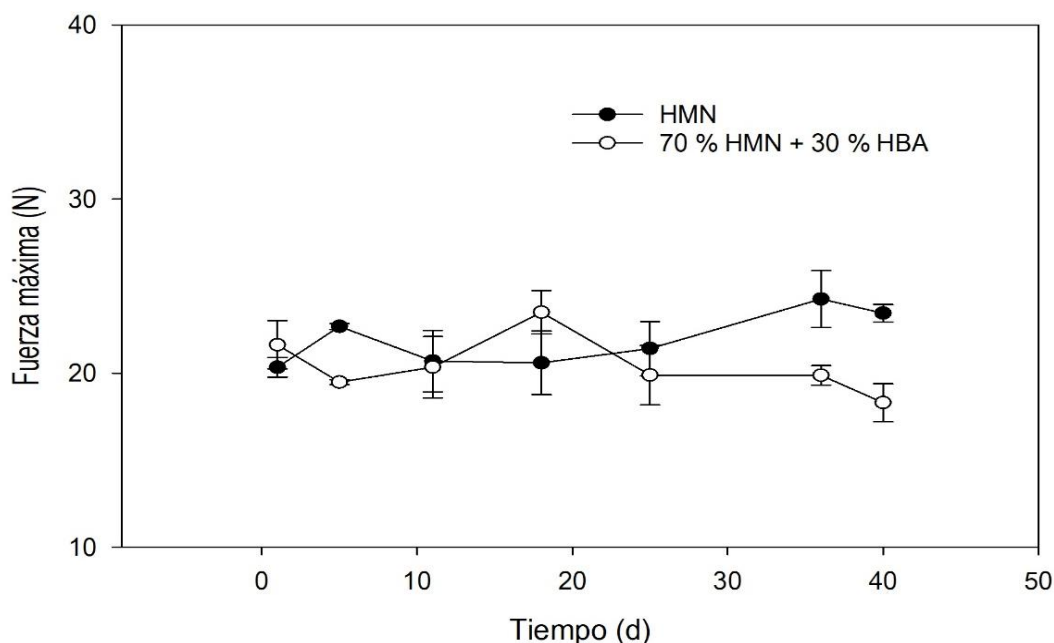


Figura 3.2 Cambios en la fuerza de fractura botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de *B. alicastrum* utilizando fritura profunda durante el almacenamiento

3.4.3 Determinación de Índice de Peróxido

En la figura 3.3 se observa el comportamiento del valor de peróxido de botanas cocidas en fritura profunda HMN (TSD) y HMN:HR (TSD) que fueron almacenadas en un período de 40 días a 25 ° C. Al inicio de la evaluación se puede observar que las botanas de tortilla mostraron una tendencia a incrementar los valores de índice de peróxido durante el almacenamiento para HMN (TSD) (21.33 a 38.33 meq O₂/ kg) y HMN:HR (TSD) (18.33 a 29.17 meq O₂/ kg) ; Sin embargo, hubo una reducción de los valores de índice de peróxido que contenía harina de *B. alicastrum* al final del almacenamiento. Los resultados indican una reducción de 1.31 veces al adicionar Harina de Ramon en comparación con la botana HMN (TSD) . El valor de peróxido sirve para verificar la calidad y el grado de enranciamiento que se presenta en la etapa inicial de la oxidación del aceite (Chinaza-Godswill et al. 2018). La botana de tortilla de maíz HMN (TSD) resultó con mayor cantidad de índice de peróxido durante el almacenamiento, este aumento se debe a la reacción del oxígeno con los ácidos grasos insaturados presentes en el aceite, lo que ocasiona que se produzcan compuestos inestables llamados hidroperóxidos (Singh et al. 2022). Por otra parte, los valores de peróxido inferiores en la botana HMN:HR (TSD) se atribuyen a la presencia de los compuestos fenólicos presentes en la harina *B. alicastrum*, dichos compuestos actúan como

agentes reductores que evitan la formación de peróxidos, por lo que se puede prolongar la vida útil del producto, además se desempeñan como antioxidantes sintéticos (Sattar et al. 2022). Lo anteriormente expuesto se sustenta con el estudio realizado por Moo-Huchin et al. (2019) donde se encontró mayor contenido de compuestos fenólicos como el ácido gálico, ácido clorogénico y ácido vanílico. Asimismo, Ozer (2017) demostró que tiene niveles altos de actividad de eliminación de radicales libres, para los ensayos de DPPH y ABTS.

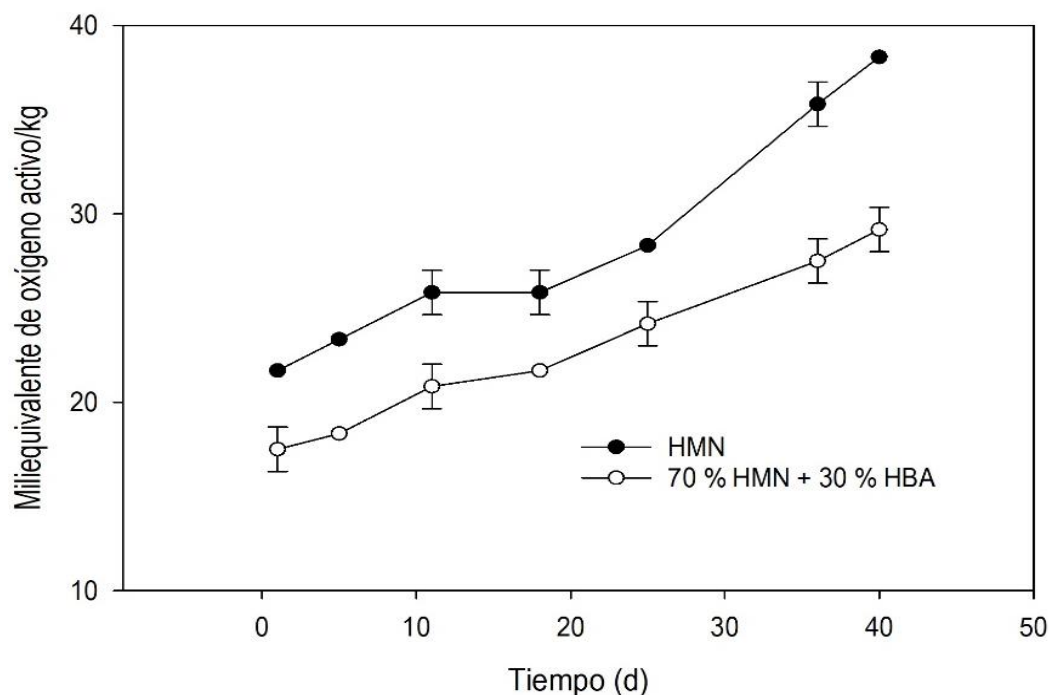


Figura 3.3 Cambios en la fuerza de fractura botanas de tortilla de maíz adicionados con harina de *B. alicastrum* utilizando fritura profunda durante el almacenamiento

CAPITULO IV

CONCLUSIONES

- Las botanas que fueron adicionadas con harina de Brosimum alicastrum y cocidos en fritura profunda con aceite de canola, resultó con menor oxidación primaria y secundaria con respecto a las demás botanas cocidas con freidora de aire y horno de convección. Este resultado se puede explicar por los compuestos fenólicos presentes y la actividad antioxidante de la harina de Ramón.
- Cuando se añadió harina de ramón, el color de las botanas resultó una coloración café; sin embargo, esta característica no es una desventaja para su consumo, dado que en el mercado existen algunas marcas comerciales de botanas de coloración oscuras que tienen un mercado específico.
- La inclusión de harina de Ramón a la harina nixtamalizada aumento considerablemente el contenido de compuestos bioactivos y su actividad antioxidante. La HR puede ser una alternativa para el desarrollo de botanas que contenga un valor agregado y además por su contenido de compuestos fenólicos, puede utilizarse para retardar la oxidación lipídica. En estudios futuros se sugiere determinar de forma cualitativa y cuantitativa de compuestos fenólicos de botanas con B. alicastrum antes y después de la cocción
- Con respecto al estudio de almacenamiento la botana HMN:HR (TSD), mostro menor oxidación primaria durante el almacenamiento, este resultado apoya el uso de la harina de B. alicastrum para retardar la oxidación lipídica. En la textura la HMN:HR (TSD) requiero menor fuerza de fractura con respecto al control, aunque se sugiere el uso de hidrocoloides naturales (gomas) para mejorar la textura , con respecto al % de humedad ambas botanas HMN (TSD) y HMN:HR (TSD) mantuvieron estables hasta el final de estudio. El estudio de almacenamiento demostró que el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto sobre la calidad de las botanas HMN (TSD) y HMN:HR (TSD).

BIBLIOGRAFÍA

- Andrea García-Pérez, J. E.-H.-C.-G.-M. (2019). Performance of individual antioxidants and their blend during repeated frying of tortilla chips. *Journal of Food Processing and Preservation*, Volumen 43, Issue 12, <https://doi.org/10.1111/jfpp.14263>.
- Arévalo, M. B. (2021). Autooxidación de lípidos en alimentos y posibles consecuencias en el ser humano . *UNIVERSIDAD DE CUENCA, Facultad de ciencias químicas*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37658/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf.
- Asokapandian, S., & Hajjul, G. J. (2019). Deep fat frying of foods: A critical review on process and product parameters. *CRITICAL REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND NUTRITION*, doi.org/10.1080/10408398.2019.1688761.
- Ayala, E. A. (2019). Evaluación de dos aditivos antioxidantes naturales en la elaboración de mantequilla de semilla de marañón (*Ancardium occidentale* L.) y su efecto sobre la rancidez oxidativa y calidad sensorial. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR; FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS*, <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20720/1/13101713.pdf>.
- C.Hernandez-Aguilar, Valderrama-Bravo, C., pacheco, A. D., Galindo, Romero-, R., Igno-Rosario, O., . . . Cruz-Orea, A. (2022). Colorimetric characterization, texture and sanitary quality of added with creole corns and *Curcuma longa*. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales, Superficies y Vacío* 35, 220407, https://doi.org/10.47566/2022_syv35_1-220407.
- Cevik, S. B., Kahraman, K., & Ekici, L. (2021). Production of oven-baked wheat chips enriched with red lentil: an optimization study by response surface methodology . *Journal of Food Science and Technology* , 10.1007/s13197-021-05237-8 .
- Choulitoudi, E. (2019). Effect of active packaging with *Satureja thymbra* extracts on the oxidative stability of fried potato chips. *Food Packaging and Shelf Life*, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100455>.
- Coox, A. F. (2019). Evaluación de las propiedades físicas, químicas y antioxidantes de tortillas elaborados con mezclas de harina de maíz y *Brosimum alicastrum*. *Instituto Tecnológico Superior de Calkini en el estado de Campeche*, 7.
- Córdova-Villalobos, J. Á. (2008). Las enfermedades crónicas no transmisibles en México: sinopsis epidemiológica y prevención integral. *medigraphic: salud pública de méxico*, 6-7.
- Cruz, E. D. (2017). Antioxidantes en los alimentos . *Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias Editorial UNAB*, https://repositorio.unab.edu.pe/bitstream/handle/UNAB/17/NC_Antiox_Nicodemo.pdf?sequence=1.

- Cutimbo, M. C., Aro, J. M., & Vivanco, Z. L. (2016). Oxidative stability of soybean oil with antioxidant addition of Isaño *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón During Potato Frying. *Rev. Investig. Altoandin.* 2016; Vol 18 N° 4: 395 - 402, <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2016.231>.
- Deràs, A. A. (2016). "USO TRADICIONAL DEL ÁRBOL DE RAMÓN (*Brosimum alicastrum* Swartz), EN LA ZONA SUR DE QUINTANA ROO". *Instituto Tecnológico De La Zona Maya*, 4.
- Dergal, S. B. (2006). *Química de los alimentos Cuarta edición* (Vol. 4). (M. B. Hernandez, Ed.) México: PEARSON EDUCACIÓN, S.A. de C.V.
- Domínguez-Zárate. (2019). Propiedades tecno-funcionales del aislado proteico y de harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1-2.
- Durán Mendoza et al. (2016). Totopos a partir de maíz , yuca y hoja de chaya, una alternativa para mejorar la calidad nutritiva . *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 6.
- Durán Mendoza Ta, G. C. (2016). TOTOPOS A PARTIR DE MAÍZ, YUCA Y HOJA DE CHAYA, UNA ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA CALIDAD NUTRITIVA. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Durán-Mendoza. (2016). Totopos a partir de maíz, Yuca y Hoja Chaya, una Alternativa para Mejorar la Calidad Nutritiva. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 603-608.
- E. Pérez-Pacheco, *. V.-H.-L.-F. (2013). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum*. *Carbohydrate Polymers*, 922.
- Edgar R. Morales Ortiz, L. G. (2009). Ramon (*Brosimum alicastrum*) protocolo para su colecta, beneficio, almacenaje. *Comisión nacional forestal región XII península de Yucatán* .
- Farrán-Codina. (2021). Las grasas en la alimentación. *Regreso a las Bases*, 174.
- Gallardo, D. A. (2016). Determinación del índice de peróxidos en aceites usados en la preparación de papas fritas de ocho diferentes restaurantes con el objetivo de determinar posibles efectos en la salud. *UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ , colegio de ciencias e ingenierías* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/am/23000/6300/1/129305.pdf.
- García-Pérez, A., Cerón-García, A., Ozuna, C., & Sosa-Morales, M. E. (2017). Performance of Palm Olein During Repeated Frying of Tortilla Chips . *The Canadian Society for Bioengineering The Canadian society for engineering in agricultural, food, environmental, and biological systems. Paper No. CSBE17142*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://library.csbe-scgab.ca/docs/meetings/2017/CSBE17142.pdf.

- Gaspar, M. L. (2019). Optimización del Proceso de Extracción de Aceite de Teberinto (Moringa oleifera) Mediante Método de Soxhlet . *Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química* , 29-32.
- Giram, Kadbhane, & Kale. (2018). Development of fired tortilla chips with defatted soy flour and sorghum flour. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*.
- Godswill, A. C., Amagwula, I. O., & Gonzaga, I. S. (2018). Effects of Repeated Deep Frying on Refractive Index and Peroxide Value of Selected Vegetable Oils . *International Journal of Advanced Academic Research | Sciences, Technology & Engineering* | ISSN: 2488-9849 Vol. 4, Issue 4, <https://www.researchgate.net/publication/325066839>.
- González Victoriano L., Guemes Vera N., Bernardino Nicanor A., Soto Simental S., Quintero Lira A., Chel Guerrero L.A. (2019). Propiedades funcionales de botanas extrudidas elaboradas a partir de harinas compuestas por grits de maíz y harina de papa roja (Oxalis tuberosa). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- González-González, R. M. (2020). Caracterización bioquímica y funcional de albúminas y globulinas de semilla de Brosimum alicastrum . *Journal of Food Processing and Preservation* .
- Guzmán, E. C. (2007). Tortillas de maíz: una tradición muy nutritiva. *La ciencia y el hombre* .
- Hanson, S. &. (1963). Application of the Bligh and Dyer method of lipid extraction to tissue homogenates . *Biochemical Journal* , 89,,101P-102P.
- INEGI. (2019). *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, recuperado de : <https://datos.gob.mx/busca/dataset/encuesta-mensual-de-la-industria-manufacturera1>.
- INEGI. (2020). *Instituto Nacional de Estadística y Geográficas*, Recuperado de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/encuesta-mensual-de-la-industria-manufacturera1>.
- INSP. (2018). Encuesta nacional de Salud y Nutrición . *Instituto Nacional de Salud Pública* , recuperado de : <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/informes.php>.
- López, P. G. (2013). OBTENCIÓN DE PRODUCTOS DIRECTAMENTE EXPANDIDOS POR EXTRUSIÓN Y BOTANAS DE 3ª. GENERACIÓN A BASE DE CHÍA Y ALMIDÓN DE MAÍZ RESISTENTE AR4 . *UNIVERSIDAD VERACRUZANA INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42635/GomezLopezPaulette.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- López-Juárez, L. F. (2020). Desarrollo y caracterización de una botana horneada elaborada a partir de harina de maíz nixtamalizado y salvado de arroz estabilizado . *Instituto Politécnico Nacional* , 2.

- López-Martínez, A., Pugliese, V. A., Macías, A. S., Sosa-Mendoza, G., & Grajales-Lagunes, E. D.-A. (2019). High protein and Low-Fat chips (Snack) made out of a legume mixture. *CyTA - Journal of Food* VOL. 17, NO. 1, 661–668, <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1617353>.
- Loza, R. S., & Quisbert, V. C. (2020). Determination of rancidity in oils used in the frying process in fast food display establishments. *Rev.Cs.Farm. y Bioq v.8 n.2 La Paz nov. 2020*, http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-02652020000200009#:~:text=La%20autooxidaci%C3%B3n%20o%20rancidez%20oxidativa,Landines%20%26%20Zambrano%2C%202009.
- Maciel, E. O. (2020). Bioproceso consolidado para la producción de bioetanol a partir de harina de semillas de Ramón (*Brosimum alicastrum*), utilizado el aislado nativo *trametes hirsuta* Bm-2. *Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C.*, 3-4.
- Mafurro, C. M. (2020). Extracción y evaluación de la estabilidad oxidativa del aceite de la semilla de Moringa (*Moringa Oleífera* Lam) por el método de oxitest. *Universidad Nacional de Barranca; Facultad de Ingeniería; Escuela Profesional de Industrias Alimentarias*, 23.
- Magnani, T. L., Sedlcek-Bassani, J., & Ponsano, E. H. (2020). Oxidative stability of tilapia feeds containing *Saccharomyces cerevisiae* and *Spirulina platensis*. *Ciência Rural, Santa Maria, v.50:1, e20190344, 2020*, <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190344>.
- Manfred, M. S. (2009). El Ramón: Fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. *CONABIO.Biodiversitas*.
- Manosalvas, L. A. (2021). Evaluación de la incidencia de fritura al vacío sobre retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz (Chulpi mejorado INIAP 192). *FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES*, 14-15.
- Mariscal-Moreno, R. M., Sánchez, K. R., & Cárdenas, J. d. (2022). Nixtamalization process affect maize tortillas storage quality. *International Journal of Gastronomy and Food Science Volume 30, December*, 100604, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100604>.
- Martínez Meza Y.a,b, Islas Hernández J.J.a, Gutierrez Meraz F a, Osorio Díaz P.a,*.
(2016). FORMULACIÓN DE UNA BOTANA POR EXTRUSIÓN CON MEZCLA DE HARINA DE PLÁTANO Y AMARANTO. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Martínez, J. A. (2018). "Identificación de los Análisis de Acidez, Peróxido, Panisidina y TOTOX en los aceites Utilizados en Ventas de Pollo Frito de Tiquisate, Escuintla, Que Cumplen Con La Normativa Del CODEX ALIMENTARIUS. *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE INGENIERÍA EN ALIMENTOS*, chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/http://www.repositorio.usac.edu.gt/10273/1/22Tg%28882%29Ali.pdf.

- Martínez, L. E. (2020). Evaluación de la vida útil de totopos de maíz con salvado de arroz . *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL Centro de Desarrollo de Productos Bióticos; Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales* , 23-26.
- Martínez-García, M. d. (2018). Oxidación lipídica en productos lácteos influencia de la adición de ácidos grasos funcionales. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://digital.csic.es/bitstream/10261/196176/1/oxidafuncion.pdf.
- Mayo-Mayo, G., Navarrete-García, A., Maldonado-Atudillo, Y. I., Jimenéz-Hernandéz, J., Aránbula-villa, D. S.-R., Álvarez-Fitz, P., . . . Salazar, R. (2020). Addition of roselle and mango peel powder in tortilla chips: a strategy for increasing their functionality . *Journal of Food Measurement and Characterization* , <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00400-9>.
- Mokhtar, T. Z. (2022). Effect of Osmotic Dehydration as a Pre -Treatment on Air Fried Sweet Potato (*Ipomoea atatas*) Chips. *JOURNAL OF AGROBIOTECHNOLOGY 2022, VOL 13(1S):64-73*, <http://dx.doi.org/10.37231/jab.2022.13.1S.311>.
- Mokhtar, T. Z. (2022). Effect of Osmotic Dehydration as a Pre -Treatment on Air Fried Sweet Potato (*Ipomoea atatas*) Chips . *JOURNAL OF AGROBIOTECHNOLOGY 2022, VOL 13(1S):64-73*, dx.doi.org/10.37231/jab.2022.13.1S.311.
- Montes, N., M, I. M., L, R. P., M, N. M., Z, D. F., I, G. M., & B., R. V. (2016). Oil Absorption in fried foods. *Rev Chil Nutr Vol. 43, N°1, 2016*, Pag 87.
- Moo-Huchin, V. C.-P.-G.-D.-P.-A. (2019). Effect of extraction solvent on the phenolic compounds content and antioxidant activity of Ramon nut (*Brosimum alicastrum*). *Chemical Papers, (0123456789)*.
- Morales, C. M. (2017). Alcanos, Alquenos y Alquinos: Nomenclatura y Propiedades. *UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; FACULTAD DE INGENIERÍA* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/12329/Alcanos%2Calquenos%2Calquinos_nomenclatura%20y%20propiedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Morales, L. E. (2020). Evaluación de la vida útil de totopos de maíz con salvado de arroz. *Instituto Politécnico Nacional; Centro de Desarrollo de Productos Bióticos; Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales*, Pag 53.
- Multari, S., Marsol-Vall, A., Heponiemi, P., Soumela, J., & Yang, B. (2019). Changes in the Volatile Profile, Fatty Acid Composition and Other Markers of Lipid Oxidation of Six Different Vegetable Oils During Short- Term Deep-Frying . *Food Research International*, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.04.026>.
- Muñoz, A. G. (2013). Elaboración de una botana a base de malanga (*Colocasia esculenta*) utilizando microondas para su procesamiento . *Universidad Veracruzana Instituto de Ciencias Básicas*, 6-7.

- Nieves, T. R. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas de aceites y grasas residuales potenciales para la producción de biocombustibles . *CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA*, S.C. , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://cideteq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/369/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20propiedades%20fisicoqu%C3%ADmicas%20de%20aceites%20y%20grasas%20residuales%20potenciales%20para%20la%20.
- Núñez et al, .. G. (2019). DESARROLLO DE UN ALIMENTO ADICIONADO CON Brosimum alicastrum Sw. PARA EL ADULTO MAYOR. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ PROGRAMA INSTITUCIONAL DE INVESTIGACIÓN APLICADA*, 6.
- Ochoa-Martínez, L.-A., -Vásquez, K. C., Figueroa-Cárdenas, J. d., & Gallegos-Infante, J. M.-C. (2016). Quality evaluation of tortilla chips made with corn meal dough and cooked bean flour. *Cogent Food & Agriculture*, Volumen 2, 2016 - Issue 1 , <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1136017>.
- Olga Nydia Campus-Baypoli, E. C.-B.-C.-W.-S. (1999). Physiochemical Changes of Starch During Maize Tortilla Production. *Starch Biosynthesis Nutrition Biomedical Volume51, Issue5*, [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1521-379X\(199905\)51:5<173::AID-STAR173>3.0.CO;2-B](https://doi.org/10.1002/(SICI)1521-379X(199905)51:5<173::AID-STAR173>3.0.CO;2-B).
- Ortiz, E. R. (2009). RAMON (Brosimum alicastrum Swartz.). *COMISIÓN NACIONAL FORESTAL*, 5-8.
- Ortiz-Cruz, R. A., Ramírez-Wong, B., Sánchez-Machado, D. I., Ledesma-Osuna, A. I., Torres-Chávez, P. I., & López-Cervantes, B. M.-L. (2021). Estabilidad oxidativa y contenido de compuestos fenólicos durante el almacenamiento del salvado de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) extrudido. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 24: 1-10, 2021, <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.300>.
- Ouerfelli, M., & Almajano, M. P. (2021). Estabilidad oxidativa de emulsiones alimentarias de aceite en agua . *Tecnifood. la revista de la tecnología alimentaria* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/344944/DOSIER-COLABORACION-ACEITE-UPC-VC3%20%281%29.pdf?sequence=1.
- Ozer, H. K. (2017). Composiciones fenólicas y actividades antioxidantes.de nuez maya (Brosimum alicastrum): comparacióncon nueces comerciales. *International Journal of Food*.
- Parisi, G. S. (2016). From farm to fork: lipid oxidation in fish products a review . *Italian Journal of Animal Science* , <http://dx.doi.org/10.1080/1828051X.2015.1128687>.
- Pedreschi, F., Segnini, S., & Dejmek, P. (2004). Evaluation oh texture of fried potatoes. *Journal of Texture Studies* 35 (2004) . *All Rights Reserved*, 277-291.

- Polak, T., Polak, M. L., Zahija, I., Lazar, N., & Demsa, L. (2020). Quality parameters of different oils and fried foods after repeated deep fat frying . *MESE N° 6 Vol. XXII* , doi: 10.31727/m.22.6.3.
- Ramirez Sucre, M. O. (2018). Elaboración de un alimento con harina de semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) y almendra (*Amygdalus*) y su caracterización reológica. *Tlamati sabiduria*, 21.
- Ramírez-Sánchez, S. (2017). EL RAMÓN (*Brosimum alicastrum* Swartz) ALTERNATIVA PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA EN MÉXICO. *AP AGRO*.
- Ramroudi, F., Ardakani, S. A., & Sadrabad, A. D.-t. (2022). Investigation of the Physicochemical Properties of Vegetable Oils Blended With Sesame Oil and Their Oxidative Stability During Frying . *International Journal of Food Science Hindawi Volume 2022, Article ID 3165512, 8 pages*, <https://doi.org/10.1155/2022/3165512>.
- Rivera, M. M., & Ramos, F. A. (2016). Optimización de la Técnica de TBA para medir la Estabilidad Oxidativa en Carne de Pollo. *Vol. 2 No 1; Verano de la investigación científica*, <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/996/635>.
- Rodríguez, A. (2016). EVALUACION DE UN TOTOPO HORNEADO DE MAÍZ AZUL CON HUITLACOCHÉ (USTILAGO MAYDIS). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*.
- Rodríguez-Neri et al. (2012). Elaboración de un totopo a base de Makal (*Xanthosoma yucatanensis*) fortificado con proteína de origen vegetal . *2do Simposium Internacional de Investigación Multidisciplinaria*, 7.
- Roque-Maciel, L. (2016). Nixtamalization of five corn varieties with different kernel hardness: impact in fuel consumption and physicochemical properties. *AGROCIENCIA, VOLUMEN 50 NÚMERO 6*, 731.
- Rosa, L. d., A.A.Vazquez-Flores, Subiría-Cueto, R., Alvarez-Parrilla, E., Martínez-Ruiz, N., & Larqué-Saavedra, A. (2018). Phenolic compounds in the edible seeds of *Brosimum alicastrum* Sw. (Maya nut) a traditional underutilized food resource from Prehispanic America. *International Conference and Exhibition on Nutraceuticals and Functional Foods*, file:///C:/Users/aleja/OneDrive%20-%20Instituto%20Tecnologico%20Superior%20de%20Calkini/Articulos_2022_TESI_S_Maestria/24.%20Congreso%20ISNFF%202018%20LRS%20NRMR%20E%20química%20proximal%20de%20harina%20brosimum%20alicastrum.pdf.
- Ruiz, N. d. (2019). Desarrollo de un alimento adicionado con *Brosimum alicastrum* Sw. para el adulto mayor . *Programa Institucional de Investigación Aplicada para la Vinculación con el Etorio y la Atención de Problemas Específicas*, 6.
- Saavedra, A. L. (2019). DESARROLLO DE UN ALIMENTO ADICIONADO CON *Brosimum alicastrum* Sw. PARA EL ADULTO MAYOR. *PIVA* , 6.

- Salamatullah, A. M., Ahmad, M. A., Alkaltham, M. S., Hayat, K., Aloumi, N. S., Al-Dossari, A. M., & Arzoo, L. N.-H. (2021). Effect of Air-Frying on the Bioactive Properties of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations*, 9(3), 435; <https://doi.org/10.3390/pr9030435>.
- Salgado, A. I. (2013). Respuesta glicémica de la semilla de ramón (*Brosimum alicastrum*) en mujeres de 16 a 25 años de edad, residentes de la ciudad capital, Guatemala. *Universidad del valle de Guatemala*.
- Santana-Alcántar, M. E., MENDÍVIL-MORALES, M., Félix-Ibarra, L. I., Ramírez-Murillo, M., & Cruz-Rosales, C. A. (2019). Composición química y calidad de la grasa contenida en frituras de maíz elaborada y consumidas en Navojoa, estado de Sonora, México. *PERSPECTIVAS EN NUTRICIÓN HUMANA ISSN 0124-4108. Escuela de Nutrición y Dietética. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia, Vol. 21, N.º 1, enero-junio*, DOI: 10.17533/udea.penh.v21n1a02.
- Sasano, M., Juan-Borrás, M., & Escriche, A. A. (2015). Effect of Pretreatments and Air-Frying, a Novel Technology, on Acrylamide Generation in Fried Potatoes. *Journal of Food Science*, doi: 10.1111/1750-3841.12843.
- Sattar, D.-e.-s., Ali, T. M., Soomro, U. A., & Hasnain, A. (2022). Functional, antioxidant, and sensory properties of a ready-to-eat wheat flour snack incorporated with germinated legume flour. *Legume Science*. 2022;e174. [wileyonlinelibrary.com/journal/legumescience](https://www.wileyonlinelibrary.com/journal/legumescience) 1 of 7, doi/pdf/10.1002/leg3.174.
- Schaich, K. (2014). Lipid Co-oxidation of Proteins: One size does not fit all . *ResearchGate*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Karen-Schaich/publication/275336411_Lipid_co-oxidation_of_proteins_One_size_does_not_fit_all/links/55382ecf0cf247b8587d2bdf/Lipid-co-oxidation-of-proteins-One-size-do.
- Schaich, K. M. (2008). Co-oxidation of proteins by Oxidizing Lipids. *Chapter 8, Vol 2, ed. Kamal-Eldin, A. and Min, D., AOAC*, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Karen-Schaich/publication/275336955_Schaich_KM_2008_Co-oxidations_of_oxidizing_lipids_Reactions_with_proteins_in_Lipid_Oxidation_Pathways_Chapter_8_Vol_2_ed_Kamal-Eldin.
- Serna-Saldivar, S. O. (2015). Industrial Production of Maize Tortillas and Snacks. *CHAPTER 13*, Doi: 10.1016/B978-1-891127-88-5.50013-X.
- Serna-saldivar, S. O. (2019). Food Uses of lime-Cooked Corn With Emphasis in Tortillas and Snacks. *Published by Elsevier Inc. in cooperation with AACC International. All rights reserved.*, 469.
- Serna-Saldivar, S. O. (2021). Understanding the functionality and manufacturing of nixtamalized maize products. *Journal of Cereal Science* , <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103205>.

- Shaker, M. A. (2014). Air Frying a New Technique for Produce of Healthy Fried Potato Strips. *Journal of Food and Nutrition Sciences* 2014; 2(4): 200-206, doi: 10.11648/j.jfns.20140204.26 .
- Simsek, S. K. (2011). Changes in Total Polar Compounds, Peroxide value, Total Phenols and Antioxidant Activity of Variious Olis Used in Deep Fat Frying. *Springer AOCS* , 88:1361-1366.
- Singh, M. K., Kumar, A., kumar, R., kumar, P. S., & Chourasia, P. a. (2022). Effects of Repeated Deep Frying on Refractive Index and Peroxide Value of Selected Vegetable Oils. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology Volume-9, Issue-3 ISSN: 2349-8889* , <https://doi.org/10.31033/ijrasb.9.3.6>.
- Suárez, S. M. (2021). ELABORACIÓN DE CHIPS SALUDABLES COMO ALIMENTO FUNCIONAL POR MEDIO DE AIR FRYER, A PARTIR DE LOS TUBÉRCULOS DE *Tropaeolum tuberosum*, *Ullucus tuberosus* Y *Oxalis tuberosa*. *Departamento de Ingeniería Química y de Alimentos, Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.*, 7 .
- Teruel, M. d., Gordon, M., Linares, M. B., Garrido, M. D., & Niranjan, A. A. (2015). A comparative Study of the Characteristics of French Fries Produced by Deep Fat Frying and Air Frying . *Journal of Food Sciencie* , doi: 10.1111/1750-3841.12753.
- Topete-Betancour, A., Figueroa-Cárdenas, J. d., Morales-Sánchez, E., Arámbula-Villa, G., & Pérez-Robles, J. (2020). EVALUATION OF THE MECHANISM OF OIL UPTAKE AND WATER LOSS DURING DEEP-FAT FRYING OF TORTILLA CHIPS. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* , Vol. 19, No. 1 (2020) 409-422, <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim605>.
- Trujillo, R. C. (2017). ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD OXIDATIVA DE ACEITES FUNCIONALIZADOS CON DERIVADOS DE HIDROXITIROSO. *Universidad de Sevilla, Facultad de farmacia* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/71353/Tesis%20completa%20170615.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Vázquez et al., M. d. (2018). Desarrollo y caracterización de un totopo elaborado con harina de maíz y salvado de arroz. *INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL: Centro de Desarrollo de Productos Bioticos, Departamento de Nutrición y Alimentos Funcionales*, 5-15.
- Víctor Manuel Moo-Huchin, G. J.-C.-D.-P.-A.-C. (2020). Corn Tortilla added with *Brosimum alicastrum* flour: Physicochemical properties and antioxidant activity. *Ciencia ergo-sum*, <https://cienciaergosum.uaemex.mx/article/view/13716/12336>.
- Victoriano, L. G. (2018). Evaluación de propiedades antioxidantes y características físico-químicas de botanas extruidas, elaboradas a partir de mezclas compuestas por grits de maíz y harina de *Oxalis tuberosa*. *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; Instituto de Ciencias Agropecuarias* , chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/2327/Evaluaci%C3%B3n%20de%20propiedad>

es%20antioxidantes%20y%20caracter%C3%ADsticas%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmicas%20de%20botanas%20extr.

Vidal, A. R. (2017). Desarrollo de una botana expandible enriquecida baja en grasa . *centro de investigaciones en ciencia aplicadas y tecnologia avanzada* .

Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., & Jin, M. M. (2021). Effect of New Frying Technology on Starchy Food Quality . *MDPI Stays neutral* , <https://doi.org/10.3390/foods10081852>.

Wazir, H., Chay, S. Y., Ibadullah, W. Z., Zarei, M., & Saari, N. A. (2021). Lipid oxidation and protein co-oxidation in ready-to-eat meat products as affected by temperature, antioxidant, and packaging material during 6 months of storage. *RSC Adv.*, 2021, 11, 38565-38577, 10.1039/D1RA06872.

Wu, G., Chang, C., Hong, C., Zhang, H., Huang, J., Jin, Q., & Wang, X. (2019). Phenolic compounds as stabilizers of oils and antioxidative mechanisms under frying conditions: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.043> .

Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., & Otoboni, E. L. (2019). Frying Process: From Conventional to Air Frying Technology . *Food Reviews International*, (), 1-15, DOI: 10.1080/87559129.2019.1600541.

Zárate, P. A. (2019). Texture, color and sensory acceptance of tortilla and bread elaborated with Maya nut (*Brosimim alicastrum*) flour to increase total dietary fiber. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*.