



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

Desarrollo de una botana a base de jícama, chayote y
quelite que diversifique el consumo de productos hortícolas.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

STEPHANIE MELO CRUZ

ASESORA: Dra. Alma Adela Lira Vargas
CO ASESORA: M. en C. Selene Pascual Bustamante

CUAUTILÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

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

Desarrollo de una botana a base de jícama, chayote y quelite que diversifique el consumo de productos hortícolas.

Que presenta la pasante: **Stephanie Melo Cruz**
Con número de cuenta: **414050006** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de agosto de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Q.F.B. Martha Patricia Zúñiga Cruz	
VOCAL	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
SECRETARIO	Dra. Alma Adela Lira Vargas	
1er. SUPLENTE	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
2do. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	

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

LMCF/javg



El presente trabajo fue financiado por los proyectos:

Proyectos IT202419. Aplicaciones de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México.

Proyecto PIAPI 1805. Aplicación de tecnologías emergentes para la conservación, aprovechamiento y control de la inocuidad de productos vegetales.





Esta tesis se la dedico a:

A mis padres: **Ma. de Lourdes Cruz Ortiz** y **Lucas Mario Melo Santos**, este logro es mío y de ustedes, gracias por dar su vida por mí, por priorizar mis necesidades a las de ustedes y por su amor incondicional. A mi madre por haberme forjado como la persona que soy, tu amor siempre iluminara mi camino. A mi padre, que a pesar de los obstáculos que nos ha puesto la vida, me has demostrado que es posible tomar las decisiones correctas, porque tu esfuerzo ha hecho que no me falte nada, muchas gracias a los dos.

A mis hermanos: **Johanny** y **Xitlalli**, fue maravilloso crecer con ustedes, tenerlos para apoyarme, para contar con ustedes, y para pelear con ustedes. A mi hermano, gracias por ser un ejemplo a seguir, mi ejemplo a seguir como profesionista, compartir la misma genética no fue suficiente, y ahora compartimos la misma carrera; Ingeniería en Alimentos, muchas gracias por todo el apoyo que me brindaste a lo largo de estos años para poder culminar la licenciatura, te quiero un montón. A mi hermana, espero que tanto “yo” como Johanny, te hayamos iluminado tu camino, no somos los mejores hermanos, pero seguro que ambos queremos lo mejor para ti, espero que tus sueños se cumplan, ya que el amor y el odio son muy cercanos cuando se trata de hermanas, te quiero mucho.

Stephanie Melo





Agradecimientos:

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y culminación del presente proyecto de tesis. En primer lugar agradezco a mis asesoras: **Alma Adela Lira Vargas** y a **Selene Pascual Bustamante**, por su tiempo, paciencia, ayuda y consejos brindados en la elaboración del presente trabajo; a mi profesora del taller, a la **Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez** por su apoyo de manera institucional, muchas gracias por todo.

A la **Dra. Carolina Moreno Ramos** quien con sus apreciables sugerencias ayudaron a la culminación de este trabajo de tesis

A todos los profesores de la licenciatura, que de alguna u otra manera estuvieron involucrados en mi desarrollo profesional, a mis amigas, por estar a mi lado a lo largo de toda la carrera, gracias por el apoyo motivacional que siempre necesitaba, gracias por trabajar conmigo siempre en los trabajos en equipo: *Karina Tenhjay, Ariadna Marina, Nancy Trejo, Aline Márquez y Brenda Beltrán*, las admiro y quiero mucho, espero que sus metas se cumplan, “*Valar Morghulis*”.

A mis compañeras y amigas del Taller de Frutos y Hortalizas: *Alma Camacho y Araceli Capetillo*, porque a su lado culmine la última materia de la licenciatura y juntas culminamos los proyectos de investigación de nuestras tesis, gracias, las quiero mucho, sin ustedes no hubiera sido la misma aventura.

Muchas gracias a todas las personas que realizaron las pruebas sensoriales, fueron de mucha ayuda.

Y en especial gracias a la UNAM, porque “la verdadera educación consiste en obtener lo mejor de uno mismo” (Mahatma Gandhi).



“Por mi raza hablará el espíritu”.

- **José Vasconcelos**



	Página
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	vi
Abreviaturas y símbolos	vii
Resumen	1
1. Introducción	3
2. Antecedentes	5
2.1 Alimentos tipo botana	5
2.1.1 Definición de botana	5
2.1.2. Industria de las botanas en México	5
2.1.3 Tipos de botanas	7
2.1.4 Snacks de tercera generación	9
2.2 Procedimientos de elaboración	11
2.2.1 Generalidades del freído	12
2.2.2 Generalidades del horneado	16
2.2.3 Incorporación de ingredientes saludables en botanas.	19
2.3 Ingredientes utilizados para enriquecer la botana	20
2.3.1. Generalidades de la jícama	20
2.3.1.1 Clasificación y descripción de la jícama	20
2.3.1.2 Variedades botánicas de la jícama	21
2.3.1.3 Composición química y valor nutricional	22
2.3.1.4 Importancia económica de la jícama	23
2.3.1.5 Productos y usos de la jícama	25
2.3.2 Generalidades del chayote	26
2.3.2.1 Clasificación y descripción del chayote	26
2.3.2.2 Variedades botánicas del chayote	27
2.3.2.3 Composición química y valor nutricional	28
2.3.2.4 Importancia económica del chayote	30
2.3.2.5 Productos y usos del chayote	33
2.3.3 Generalidades de los quelites	33
2.3.3.1 Clasificación y descripción del quelite quintonil	33
2.3.3.2 Géneros de quelite	34
2.3.3.3 Composición química y valor nutricional	36
2.3.3.4 Importancia económica del quelite	37
2.3.3.5 Productos y usos del quelite	39
3. Objetivos	41
3.1 Objetivo general	41
3.2 Objetivos particulares	41
4. Materiales y métodos	43
4.1 Cuadro metodológico	43
4.2 Materias primas empleadas para la botana	44
4.3 Caracterización de los productos hortícolas	44



4.4	Formulación de la botana elaborada con productos hortícolas	44
4.5	Selección del método de cocción	48
4.6	Selección del porcentaje de las diferentes botanas en el empaque	49
4.7	Evaluación de la vida útil la botana	50
4.7.1	Cinética de deterioro de los atributos de la botana	51
4.8	Elaboración de la etiqueta	53
4.9	Métodos analíticos	54
4.9.1	Composición química de los productos hortícolas	54
4.9.1.1	Humedad por estufa	54
4.9.1.2	Proteínas por Lowry	54
4.9.1.3	Fibra cruda por Kennedy-Wendy	54
4.9.1.4	Azúcares reductores por DNS	55
4.9.1.5	Cenizas por incineración directa	55
4.9.1.6	Calculo de carbohidratos por diferencia de componentes	55
4.9.2	Compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales)	55
4.9.2.1	Preparación del extracto para determinar capacidad antioxidante y fenoles totales	55
4.9.2.2	Capacidad antioxidante de los productos hortícolas	56
4.9.2.3	Fenoles totales de los productos hortícolas	56
4.9.3	Pruebas de calidad para ver el efecto de los dos métodos de cocción	57
4.9.3.1	Extracto etéreo	57
4.9.3.2	Humedad por termobalanza	57
4.9.3.3	Colorimetría	58
4.9.3.4	Análisis de perfil de textura	58
4.9.4	Pruebas a vida útil de la botana	60
4.9.4.1	Análisis microbiológico	60
4.9.4.2	Peróxidos	61
4.9.4.3	Índice de acidez	61
4.9.4.4	índice de Kreiss	61
4.9.4.5	Evaluación sensorial	62
4.9.5	Composición químico del producto terminado	63
4.9.5.1	Azúcares reductores	63
4.9.5.2	Fibra dietética	64
4.9.5.3	Proteína	64
4.9.5.4	Sodio	65
4.10	Tratamiento estadístico	65
5.	Resultados y discusión	66
5.1	Caracterización de materia prima	66
5.2	Formulación de la botana	72
5.3	Selección del método de cocción (horneado y freído) en las botanas hortícolas	76
5.3.1	Prueba sensorial	76
5.3.2	Compuestos bioactivos en las botanas	78



5.3.3 Pruebas de calidad	80
5.3.3.1 Capacidad de absorción de aceite en las botanas	80
5.3.3.2 Humedad de las botanas	82
5.3.3.3 Color de las botanas	83
5.3.3.4 Textura de las botanas	86
5.4 Evaluar el efecto de la combinación de los tres tipos de botanas	88
5.5 Estudio de vida de anaquel	89
5.6 Composición química del producto terminado.	100
5.7 Elaboración de la etiqueta del producto terminado	103
6. Conclusiones	106
7. Recomendaciones	108
8. Referencias	109
9. Anexos	123



	Página
Figura 1. Producción de botanas en México	6
Figura 2. Proceso de elaboración de una botana de maíz	11
Figura 3. Cambios que ocurren durante el freído por inmersión	13
Figura 4. Estructura de la sección transversal de una papa frita (formación de costra)	14
Figura 5. Configuración típica del horneado	16
Figura 6. Producción de jícama en México en el periodo 2010-2017	23
Figura 7. Estados productores de jícama en México en el año 2017	24
Figura 8. Exportación de jícama en México en el periodo de 2012 a 2017	25
Figura 9. Productos industrializados de jícama	26
Figura 10. Producción de chayote en México en el periodo de 2000 a 2017	30
Figura 11. Estados productores de chayote en México en el año 2017	31
Figura 12. Exportación de chayote (millones de dólares) hacia EUA	32
Figura 13. Productos industrializados de chayote	33
Figura 14. Producción de quelite en México en el periodo de 2000 a 2017	38
Figura 15. Estados productores de quelite en México en el año 2017	39
Figura 16. Guisados típicos con quelites	40
Figura 17. Diagrama de proceso para elaborar la botana de harina de maíz	45
Figura 18. Diagrama de proceso para elaborar la botana frita con 30% de jícama	46
Figura 19. Freído de la botana (A), retirado del exceso de aceite (B) y botanas con el adobo en polvo (C)	47
Figura 20. Boleta de evaluación sensorial para seleccionar la formulación de la botana de jícama, chayote y quelite	48
Figura 21. Diagrama de proceso para elaborar la botana horneada con 50% de jícama	48
Figura 22. Boleta de evaluación sensorial para evaluar el método de cocción	49
Figura 23. Boleta de evaluación sensorial (prueba triangular) para las botanas fritas	50
Figura 24. Extracción del extracto etéreo de las botanas	57
Figura 25. Colorímetro Minolta CR300	58
Figura 26. Análisis de perfil de textura a las botanas	59
Figura 27. Índice de Kreiss, semana 5	62
Figura 28. Boleta de evaluación sensorial para seleccionar el envase	63
Figura 29. Evaluación sensorial de la botana de quelite, para vida de anaquel	63
Figura 30. Titulación A-B; método de Lane-Eynon	64
Figura 31. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del color	73
Figura 32. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del olor	73
Figura 33. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial de textura	74



Figura 34. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del atributo sabor.	74
Figura 35. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del atributo aceptabilidad general	75
Figura 36. Evaluación sensorial de la botana horneada (B.H.) y botana frita (B.F.)	77
Figura 37. Evaluación de la capacidad antioxidante de las botanas	78
Figura 38. Evaluación del contenido de fenoles totales en las botanas	80
Figura 39. Capacidad de absorción de aceite de las botanas propuestas (jícama, chayote y quelite) comparadas con una botana patrón (maíz)	81
Figura 40. Humedad final de las botanas horneadas y de las botanas fritas	83
Figura 41. Luminosidad de las botanas horneadas y de las botanas fritas	84
Figura 42. Grados Hue de las botanas horneadas y de las botanas fritas	85
Figura 43. Croma de las botanas horneadas y de las botanas fritas	85
Figura 44. Evaluación de fracturabilidad y dureza en las botanas horneadas y en las botanas fritas	87
Figura 45. Resultados de la prueba triangular: (A) Muestra diferente chayote; (B) Muestra diferente jícama; (C) Muestra diferente quelite	89
Figura 46. Comportamiento de deterioro del índice de peróxidos de la botana de orden cero a diferentes temperaturas de almacenamiento (A) envase de celofán; (B) envase metalizado	92
Figura 47. Comportamiento logarítmico de deterioro del índice de peróxidos de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (A) envase de celofán; (B) envase metalizado	94
Figura 48. Etiqueta delantera del producto terminado	104
Figura 49. Etiqueta trasera del producto terminado	105



	Página
Tabla 1. Clasificación de snacks de acuerdo al proceso de fabricación	8
Tabla 2. Botanas de tercera generación comerciales en México	9
Tabla 3. Factores críticos para el proceso de freído	15
Tabla 4. Factores críticos para el proceso de horneado	18
Tabla 5. Clasificación taxonómica de la jícama	20
Tabla 6. Especies de <i>Pachyrhizus erosus</i> mayor cultivadas	21
Tabla 7. Composición química y valor nutricional de <i>Pachyrhizus erosus</i>	22
Tabla 8. Clasificación taxonómica del chayote	26
Tabla 9. Características principales de las variedades de chayote cultivados en México	27
Tabla 10. Composición química de <i>Sechium edule</i> (Jacq.) Swartz.	29
Tabla 11. Clasificación taxonómica de <i>Amaranthus hybridus</i>	34
Tabla 12. Principales géneros de <i>Amaranthus</i> en México	35
Tabla 13. Composición química y valores nutricionales de <i>Amaranthus hybridus</i> L.	37
Tabla 14. Selección de la formulación de las botanas con cada producto hortícola	45
Tabla 15. Valores de referencia por nutrimento y energía para declaración nutrimental	53
Tabla 16. Valores de referencia para el cálculo de Energía	53
Tabla 17. Especificaciones del texturómetro modelo CT3	59
Tabla 18. Códigos empleados para la evaluación sensorial de las botanas de quelite en diferentes envases (celofán y metalizado)	62
Tabla 19. Parámetros químicos de chayote (<i>Virens levis</i>), jícama (<i>Pachyrhizus erosus</i>) y quelite (<i>Amaranthus hybridus</i>)	67
Tabla 20. Componentes bioactivos determinados en los productos hortícolas	70
Tabla 21. Coeficientes de correlación (r^2) de los parámetros determinados en la botana a las diferentes temperaturas de estudio	90
Tabla 22. Regresiones lineales obtenidas para el índice de peróxidos a diferentes temperaturas de almacenamiento	93
Tabla 23. Valor de la energía de activación para la botana en dos tipos de envase almacenado a diferentes temperaturas	94
Tabla 24. Vida útil de la botana a diferentes temperaturas de almacenamiento en dos tipos de envase (celofán y metalizado)	96
Tabla 25. Ecuación de la vida útil de la botana en diferentes envases (celofán y metalizado)	97
Tabla 26. Valores reales de Q_{10} para cada intervalo de temperatura	98
Tabla 27. Seguimiento microbiológico de la vida de anaquel acelerada en la botana	99
Tabla 28. Composición química del producto terminado	101



Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
cm	centímetros	Kg	kilogramo
m	metros	g	gramo
mm	milímetro	mg	miligramo
mm/s	milímetro/segundo	µg	microgramo
min	minutos	µmol	micromoles
ha	hectáreas	mL	mililitros
ton	toneladas	µL	microlitros
°C	grados centígrados	N	normalidad
T°	temperatura	mN	milimolar
pH	cantidad de hidrogeno	rpm	revoluciones por minuto
kcal	kilocalorías	UFC	unidad formadora de colonias
kJ/kg	kilojulios por kilogramo	AAO	actividad antioxidante
kcal/kg	kilocalorías por kilogramo	FT	fenoles totales
et al.	y otros	CF	compuestos fenólicos
Spp.	todas las especies	ABTS+	radical
B.H.	botana horneada	DPPH	radical libre
B.F.	botana frita		



Resumen

En México los alimentos botana son ampliamente consumidos por la población los cuales han sido elaborados tradicionalmente utilizando como materia prima harina de maíz y de trigo. En el afán de mejorar el contenido nutrimental de estos alimentos se buscan materias primas que aporten compuestos que tengan beneficios en la salud, entre ellos destacan la jícama, el chayote y el quelite, los cuales son importantes fuentes de proteína y de fibra. El objetivo de esta investigación fue elaborar una botana mediante una mezcla de harina de maíz-producto hortícola de jícama, chayote y quelite, caracterizando dicha botana para incrementar el consumo de estos productos hortícolas.

Primero se realizó una caracterización a las materias primas mediante un análisis químico proximal y análisis de compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales), donde se obtuvo que el quelite es el que tiene mayor contenido de fibra (2.3%), proteína (12.5%), cenizas (2.1%), capacidad antioxidante ($4.47 \mu\text{moles/g}$) y fenoles totales ($5.90 \text{ mg } \acute{\text{a}}\text{c. g}\acute{\text{a}}\text{l}\text{i}\text{c}\text{o}/\text{g}$), a comparación de la jícama y el chayote.

Posteriormente se estableció la formulación de la botana con cada materia prima (jícama 30, 40 y 50%; chayote 30, 40 y 50%; quelite 20, 30 y 40%) mediante una evaluación sensorial, en la que los panelistas prefirieron más a las formulaciones de 50% para el caso de la botana de jícama y chayote, a comparación de la botana de quelite, en la que los consumidores seleccionaron la formulación con 20% de esta hortaliza.

Una vez establecida la formulación se estudiaron dos métodos de cocción (horneado y freído) evaluando la textura del producto (dureza y fracturabilidad), parámetros sensoriales (escala hedónica) y parámetros químicos (capacidad antioxidante, fenoles totales, capacidad de absorción de grasa, humedad, color). Con base a los resultados obtenidos, se seleccionó la botana frita para el estudio de vida de anaquel, para esto se realizó primero una prueba triangular para saber si el catador diferencia entre las botanas fritas de jícama, chayote y quelite ya que al final los tres tipos de botanas fueron combinados en un envase de 50 g, y con base a los resultados obtenidos en todas las evaluaciones sensoriales que se efectuaron se añadieron 20 g de botana de jícama, 20 g de botana de chayote y 10 g de botana de quelite.



Posteriormente se determinó la vida útil del producto a partir de un análisis de vida de anaquel acelerado, almacenando la botana en dos envases (celofán y metalizada) a 25, 35 y 45°C, durante 6 semanas cada 7 días se evaluó el producto con pruebas texturales (dureza y fracturabilidad), microbiológicas (coliformes totales, mesófilos, hongos y levaduras), sensoriales y de calidad (humedad, color, índice de peróxidos, índice de acidez e índice de Kreiss). Se obtuvo en la vida de anaquel acelerada que los peróxidos fueron el parámetro en el que se obtuvieron los valores de coeficiente de correlación más cercanos a 1 a las tres temperaturas de estudio en ambos envases (celofán y metalizado), utilizando dicho parámetro para determinar la vida útil del producto con la ecuación de Arrhenius, donde se tuvo que con el envase metalizado se logró la mayor vida útil del producto (37 días a 25°C) ya que dio mayor protección contra la oxidación, evitando la rancidez del producto así como cambios en las propiedades sensoriales que repercuten en cambios de sabor a comparación del envase de celofán.

Una vez seleccionado el envase con el que se logra la mayor vida útil del producto, se elaboró la etiqueta con base a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, donde se tuvo que es posible mejorar las características nutrimentales de una botana de maíz adicionando jícama, chayote y quelite con la metodología propuesta en este proyecto; con base a la composición química del producto final, se encontró que una porción de 25 g de botana, se encuentran 14.34 g de carbohidratos, 6.5 g de grasas totales, 0.75 g de proteína, 0.45 g de fibra dietética, 650 mg de sodio, obteniéndose una botana con capacidad antioxidante, baja en grasa, aportando fibra dietaría y proteína en la dieta provenientes en su mayoría de los productos hortícolas añadidos, ayudando así a la población a tener un mejor control en su ingesta calórica sin dejar de lado los alimentos tipo snack.



Introducción

“Incluso en las profundidades del infierno florece la hermosa flor de la amistad, dejando sus pétalos como recuerdo. Yendo y viniendo en las olas... Y algún día quizá florezca una vez más”.

- Bentham (Bon Clay)



1. Introducción

Existen reportes que indican que el consumo de botanas en México se ha incrementado en los últimos años, generando grandes ganancias al sector industrial (INEGI, 2016) hoy día, los principales consumidores de alimentos botana incluyen a la población de todas las edades (niños, jóvenes y adultos) y clases sociales; haciendo que el consumo de este tipo de productos sea ya una costumbre arraigada en la población, las botanas más populares siguen siendo las papas fritas y frituras a base de tortilla (Maga, 2000; INEGI, 2016).

Las botanas se definen como alimentos más pequeños y menos estructurados, los cuales no son consumidos durante las comidas regulares, como el desayuno (mañana), almuerzo (mediodía) y cena (tarde). Las botanas vienen en una variedad de formas, incluyen ingredientes frescos (envasados) y procesados. Algunos aperitivos comunes son chips de tortilla (totopos), chips de maíz, papas fritas, productos extruidos (expansión directa y pellets), chicharrones, pretzels, palomitas de maíz, nueces, semillas y legumbres (Tumuluru, 2016).

En México la mayoría de las botanas comerciales y de mayor consumo son elaboradas a base de harinas refinadas de maíz nixtamalizado o de trigo por lo que su valor nutricional es considerado bajo debido a su alto grado de procesamiento, así como su elevado contenido de grasas saturadas, carbohidratos y sodio (Fernández-Ibarra *et al.*, 2018).

Sin embargo, el consumo excesivo de este tipo de alimentos aunado a un bajo consumo de frutas y hortalizas, está relacionado con la obesidad; dichas circunstancias ha derivado en la aparición de una tendencia en la industria de botanas dirigida al consumidor interesado en cuidar su salud y llevar un mejor control de la ingesta calórica, es decir, botanas con mayor contenido de fibra dietética, proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes, utilizando ingredientes alternos a los tradicionales, que aporten esos nutrientes tales como frutas, hortalizas, leguminosas, semillas germinadas, etc. (Fernández-Ibarra *et al.*, 2018), dichas botanas han sido nominadas como refrigerios saludables, ya que tienen un alto valor nutricional (proteína, vitaminas, minerales y fibra) y son relativamente bajas en calorías, grasa total, grasa saturada, azúcar y sodio (Tumuluru, 2016).

Para mantener las propiedades nutricionales de las botanas la industria de alimentos ha buscado alternativas de producción para obtener productos alimenticios con una menor cantidad de grasa, lo que ha motivado al uso y diseño de nuevos procesos y a la combinación de los ya existentes, con el objetivo de obtener alimentos con un bajo contenido de grasa, entre las operaciones unitarias que resaltan este propósito, es el horneado, el cual da buen sabor, color dorado, con una característica adicional y es que no presenta impregnación de grasas, virtud que lo hace



más saludable a comparación de un freído por inmersión, por ejemplo (Morales-Pérez y Vélez-Ruiz, 2011; García *et al.*, 2005).

Así pues, debido a lo mencionado anteriormente ha surgido la necesidad de evaluar el efecto de nuevas materias primas con el fin de enriquecer los refrigerios que la población consume, una opción es el uso de chayote, ya que el Banco Mundial (BM) en su reporte pérdidas y desperdicios de alimentos en México, indicó que el chayote se desperdicia en un 28.7% (Rivera-López, 2018; La jornada, 2018), cabe desatacar que el chayote tiene actividad diurética, anti-inflamatoria, ayuda a la eliminación de cálculos renales, es utilizado como complemento en el tratamiento de arteriosclerosis e hipertensión, favorece la cauterización de úlceras, también tiene actividad anti-alérgica, antiviral y antitumoral (Jayaprakasam *et al.*, 2003; Setzer y Setzer, 2003; Siciliano *et al.*, 2004; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007; Diré *et al.*, 2003).

Otra opción es la jícama ya que contiene un sin número de propiedades nutricionales y medicinales (evita el estreñimiento, desinflama el colon, ayuda a controlar los niveles de azúcar en los diabéticos, también a prevenir el cáncer de colon) además esta raíz se puede incluir perfectamente en una dieta para personas obesas (Arrobo-Reyes, 2013).

Una opción más son los quelites que son una buena fuente de proteína y fibra, necesaria para un buen funcionamiento del intestino, también aportan minerales y vitaminas esenciales para una alimentación balanceada. Contienen más del 75% de agua, y entre los sólidos (25%) se encuentran hidratos de carbono, fibras y pequeñas cantidades de lípidos que dan una densidad energética comparativamente bajas, la fibra alimentaria presente favorece el movimiento del tubo digestivo y además hace más lenta la absorción de azúcares (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015).

Por lo mencionado anteriormente, el objetivo del presente trabajo es la elaboración de una botana funcional de tercera generación (botanas con ingredientes bioactivos), variando una hortaliza, una fruta y un tubérculo endémicos de México para incrementar el consumo de estos productos hortícolas.



Antecedentes

“¿Cuándo crees que la gente muere?

¿Cuándo una bala les atraviesa el corazón? No.

¿Cuándo son víctimas de una enfermedad incurable? No.

¿Cuándo beben una sopa hecha con una seta venenosa? No.

Es cuando, el mundo los olvida”.

- Dr. Hiluluk



2. Antecedentes.

2.1 Alimentos tipo botana.

2.1.1 Definición de botana.

Según la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, se denomina “botanas”, a los productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos.

Algunos autores definen las botanas como una comida pequeña y ligera que debe cumplir con varias condiciones, tales como ser fáciles de manipular, estar listas para comerse, ser accesibles, ser de tamaño pequeño, consistir en raciones individuales y lo más importante deben satisfacer la sensación de hambre por un momento (Pérez *et al.*, 2006).

2.1.2 Industria de botanas en México.

Las botanas en México al igual que en otros países del mundo son el producto que cubre las necesidades de los consumidores, en cuanto a: accesibilidad, precio, buen sabor y una amplia variedad de gustos y porciones, no es exclusivo de una clase social y está enfocada a todas las edades. En la lucha por atacar la obesidad en México, como ocurre en casi todos los países del mundo, se ha señalado con dedo acusador al segmento de las botanas. No obstante, no todo mundo sabe que las botanas en esencia son un alimento natural, que están elaboradas con ingredientes que son fundamentales en la alimentación humana: papa, maíz, cacahuate, trigo, y derivados, etc. A demás generalmente, se utilizan aceites vegetales que contribuyen a su sabor, y los condimentos que se utilizan son una mezcla de ingredientes derivados de leche, queso, chiles y especias (Valdés, 2009).

Como afirman los expertos en nutrición y dietética: Los alimentos no tienen por qué ser completos, ni suficientes, ni equilibrados, pues esas son propiedades que resultan de combinarlos en una dieta. Por lo tanto, no existen alimentos buenos o malos, ya que cada uno proporciona los diferentes nutrimentos necesarios al organismo. Las calorías



en la ingesta deben supervisarse, pero no a costa de las vitaminas, proteínas, minerales, fibras y el buen sabor, necesarias para el desempeño de nuestro trabajo diario (Valdés, 2009).

De acuerdo a la Figura 1, en México el volumen de producción de botanas en el año 2000 fue de 243,726 toneladas, para el año 2008 incremento a 420,000 toneladas y se estima que en el año 2014 fue de 450,000 toneladas anuales. En la actualidad estas cifras siguen en aumento (Canacintra, 2014).

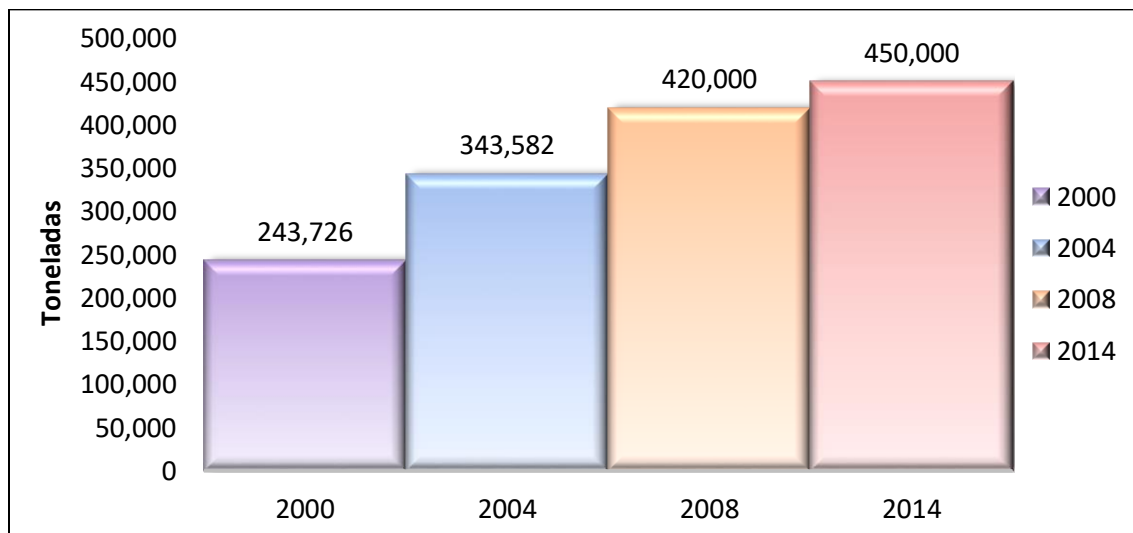


Figura 1. Producción de botanas en México.

Fuente: Canacintra, (2014).

Otro aspecto relevante es el consumo per cápita de botanas, en el año 2000, fue de 2.35 Kg, en el año 2008 fue de 3.8 kilos, y se estima que en el año 2014 el consumo fue de 4.5 kilos por habitante al año, representando un incremento del 70%. Este aumento se reflejó en las ventas anuales, que en el 2010 se sumaron 3 mil millones de dólares, triplicando las ventas del año 2000 (Canacintra, 2014). Tan solo en el último bimestre del 2010 se incrementó 12% comparando con el mismo periodo del 2009 (Hernández y Bustamante, 2012).

A partir de la mitad del siglo XX, las botanas fritas adquirieron una gran popularidad en México, lo que, aunado a la industrialización en los procesos productivos, permitió el surgimiento de empresas como *Sabritas*, pionera en la producción de botanas a gran escala, y con ella, una industria botanera altamente exitosa. En México, son dos empresas trasnacionales las que controlan el mercado de botanas: *Sabritas* (propiedad



de *Grupo Pepsico*) y *Barcel* (propiedad de *Grupo Industrial Bimbo*), con cuotas de participación de mercado de poco más del 70% y de casi el 20% respectivamente (Milenio, 2012). A pesar de que el otro 10% se encuentra distribuido en las empresas restantes, compañías mexicanas bien establecidas y consolidadas como *Fritos Totis* (líder de la categoría de botanas en ventas al mayoreo) y *Productos Cazares*, han sabido posicionarse en algunos segmentos de un mercado con un enorme potencial de crecimiento y sacar provecho de éste, llevándose una muy pequeña participación de mercado comparada con la de los líderes de la categoría, pero muy alta en valores de facturación para las propias empresas (González-Ramírez, 2013).

2.1.3 Tipos de botanas.

Los tipos de botanas varían de un lugar a otro; algunas culturas prefieren alimentos salados como galletas, panecillos crujientes, papas fritas, frutas secas y pizzas entre otros; mientras que otras personas se inclinan por los yogures y los postres preparados, la fruta u otras botanas dulces como galletas, bizcochos, chocolates, golosinas, helados o refrescos (Pérez *et al.*, 2006).

El INEGI (2010) clasifica a las botanas en porcentaje de distribución, con la siguiente distribución por categorías:

- 36% Frituras de harina de trigo y maíz
- 27% Papas fritas
- 19% Totopos y tostadas
- 11% Otros productos (inflados/horneados)
- 4% Cacahuates y semillas
- 3% Chicharrón de cerdo.

En la Tabla 1 se muestran las categorías de acuerdo con el proceso de fabricación:

1. *Snacks de primera generación*, es la más fácil de producir y consiste en productos naturales como palomitas, nueces, cacahuates y frutas secas.

2. *Los snacks de segunda generación*, incluyen productos de forma simple que se obtienen principalmente después de procesos de extrusión directa (como chips de



maíz, productos de maíz expandido, bolas y rizos) o mediante corte/laminado (como chips de papa, tortilla y pretzels regulares y fabricados).

3. La categoría más elaborada en términos de ingredientes y procesamiento son los *snacks de tercera generación* (3G) producidos por procesos de extrusión o expandidos por microondas, destinados a la producción de pellets.

Tabla 1. Clasificación de snacks de acuerdo al proceso de fabricación.

Categoría	Ejemplos			
Botanas de primera generación	Palomitas	Nueces	Cacahuates	Frutas secas
	 Marí, (2009)	 Juampiter, (2014)	 Robles, (2010)	 Balzacar, (2011)
Botanas de segunda generación	Pretzels	Chips de papa	Chips de maíz	Maíz inflado (bolas)
	 Porto, (2007)	 Lainez, (2017)	 Goldberg, (2011)	 Mathew, (2007)
Botanas de tercera generación	Botana expandida a base de mezclas de harinas de calamar, maíz y papa.		Alimentos botana extrudidos expandidos por microondas adicionados con calabaza deshidratada.	
	 Valenzuela-Lagarda <i>et al.</i> , (2016)		 Delgado-Nieblas <i>et al.</i> , (2018)	



2.1.4 Snacks de tercera generación.

Las botanas de este tipo involucran la producción de una extensiva variedad de productos con mayor grado de elaboración en formas y texturas mediante la tecnología de extrusión. Los snacks 3G se caracterizan por la amplia gama de ingredientes tales como, las mezclas de harinas de cereales crudos, almidones simples o modificados, aceite vegetal, saborizantes, fibra, emulsificantes, colorantes, etc. (Serna-Saldívar, 2008).

Esta tecnología puede permitir el desarrollo de formas interesantes de presentación de los productos que resultan muy atractivas para el consumidor, sobre todo para los niños, entre las que pueden mencionarse formas y siluetas de animales, enrejados tipo canasta, diseños tridimensionales, etc. Con esta tecnología se pueden ofrecer alimentos más nutritivos y sabrosos (Arias-García *et al.*, 2007).

La extrusión comúnmente consiste en dos pasos secuenciales, formar y cocinar: la extrusora formadora produce gránulos densos que requieren secado y procesamiento adicional para llegar al consumidor y freír los gránulos produce la mayoría de los bocadillos de tercera generación, a pesar de que la cocción convencional o el horneado a granel confecciona una serie de productos bajos en calorías (Serna-Saldivar, 2016).







En la Tabla 2 se presentan algunas botanas de tercera generación que se encuentran en el mercado, las cuales son elaboradas con frutas u hortalizas, se pueden encontrar en algunas tiendas comerciales en México.

Tabla 2. Botanas de tercera generación comerciales en México.

Producto	Producto	Producto
<p>Botana Terra exótica con sal</p>  <p>B</p>	<p>Papas fritas (empaque surtido) marca Garden Veggie.</p>  <p>B</p>	<p>Botana de verduras EatSmart con sal marina, tomate y espinaca</p>  <p>B</p>



Tabla 2. Botanas de tercera generación comerciales en México.
(Continuación).

Producto	Producto	Producto
<p>Botanas marca Sunbites Mix</p>  <p style="text-align: right;">C</p>	<p>Botana de Frutas marca Zano Mix</p>  <p style="text-align: right;">C</p>	<p>Churritos de nopal marca Nopalía</p>  <p style="text-align: right;">A</p>
<p>Chips de Verdura Enchilada marca Verdusanas.</p>  <p style="text-align: right;">A</p>	<p>Chips de Verduras marca Tropical Fields Mix</p>  <p style="text-align: right;">A</p>	<p>Chips mix de frutas marca Tropical Fields</p>  <p style="text-align: right;">A</p>

Fuente: Los productos se consultaron en abril del 2019.

Las letras en cada imagen indican de donde se tomo la información: **A** (Sam´s Club); **B** (Superama); **C** (Costco de México).

Las botanas Eatsmart, Garden Veggie y los churritos Nopalía presentadas en la Tabla 2 pudieron ser elaborados en un extrusor y/o pudieron ser obtenidos de una masa en placa. Serna-Saldívar (2008) indica que este tipo de productos pueden requerir de un proceso adicional como horneado o freído. Además la nueva modalidad es fortificar o enriquecer la botana para garantizar que no sea solo un paliativo alimentario, sino ubicarlo en una categoría nutritiva.



2.2 Procedimientos de elaboración.

En México las botanas más consumidas son elaboradas a base de maíz, papa y cacahuete (Camire *et al.*, 1990), así pues a continuación en la Figura 2 se muestra el diagrama de proceso para elaborar una botana convencional de maíz.

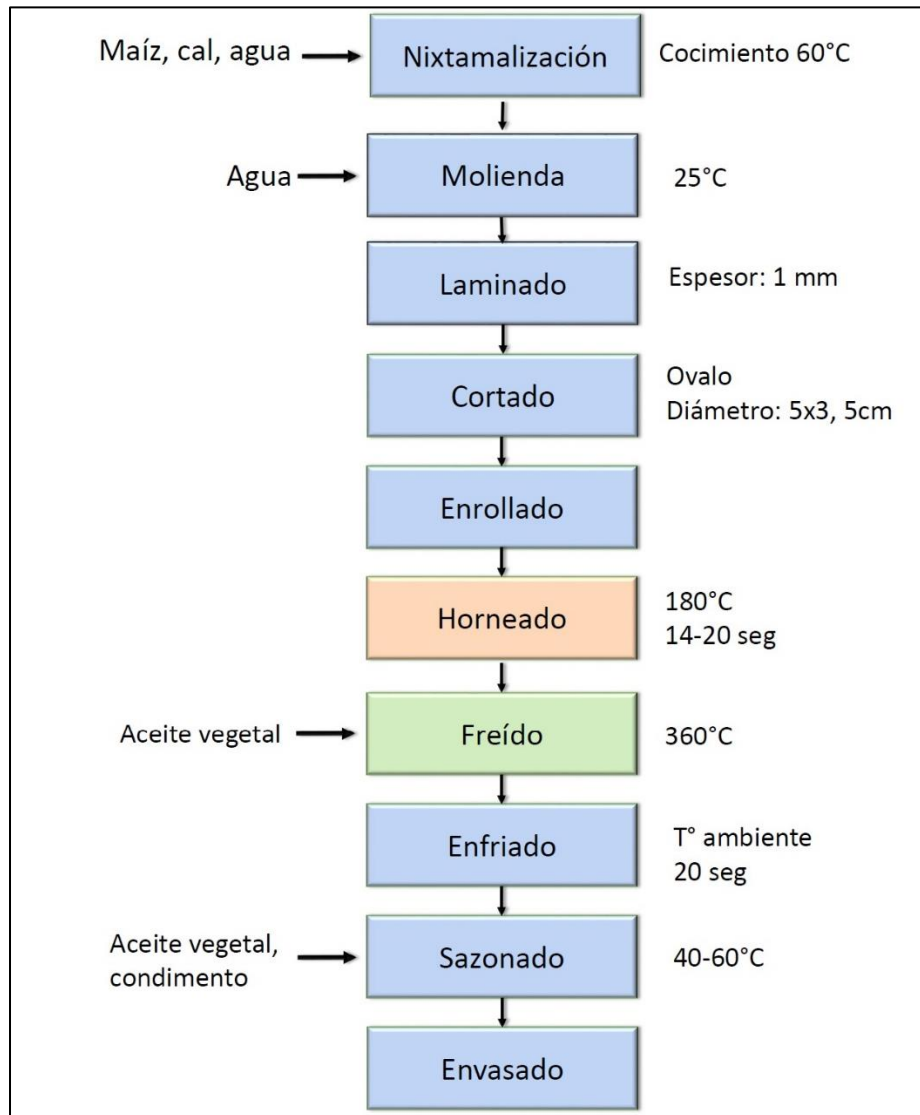


Figura 2. Proceso de elaboración de una botana de maíz.

Fuente: Muñoz-Ledo (2015).

De acuerdo a la Figura 2, la materia prima utilizada puede pasar por distintas de etapas de cocción para obtener su presentación final, dicho producto terminado viene comúnmente después de un freído en aceite caliente o expansión con aire caliente, la industria botanera preocupada por la demanda de sus clientes por snacks más saludables ha utilizado el horneado como método de cocción (Gómez-López, 2013).



2.2.1 Generalidades del freído.

Según la NOM-187-SSA1/SCFI-2002, se denomina “Freír”, a la operación que consiste en sumergir total o parcialmente un producto en aceite o grasa comestible caliente, a una temperatura tal que permita alcanzar las características sensoriales deseadas.

Es importante mencionar que existen dos tipos de freído utilizados comercialmente: por contacto (plancha) y por inmersión. En ambos casos, el aceite provee un medio efectivo para transferir energía de la fuente de calor al alimento. Los alimentos fritos bien preparados, tienen apariencia seca, no grasosa y buen sabor. Además, la superficie del alimento es crujiente por fuera y frágil por dentro. El sabor, color y olor son atributos importantes (Fellows, 1994; Orthoefer *et al.*, 1996).

Freído por Contacto. Este método es el adecuado para aquellos alimentos de relación superficie/volumen favorable (ejemplo: tocino, huevos, hamburguesas, entre otros). En ellos la transmisión de calor, tiene lugar por conducción desde la superficie metálica caliente, a través de una capa de aceite. El grosor de esta capa varía de acuerdo a las irregularidades de la superficie del alimento. El coeficiente de transmisión de calor superficial de la fritura por contacto es alrededor de $200-450 \text{ W/m}^2\text{K}$ (Fellows, 1994).

Freído por Inmersión. En la fritura por inmersión la transferencia de calor se produce por una combinación de transmisión por convección (en la masa del aceite) y por conducción (en el interior del alimento). En este caso el alimento recibe el mismo tratamiento térmico en toda la superficie, lo cual confiere un color y sabor uniforme. Este proceso se aplica a alimentos de cualquier forma, aunque los de forma irregular tienden a retener más aceite. El coeficiente de transmisión de calor, hasta que comienza la evaporación del agua en la superficie del alimento es de $250-300 \text{ W/m}^2\text{K}$. En las fases posteriores llega a ser de $800-1'000 \text{ W/m}^2\text{K}$ debido a la fuerza que produce el vapor en el aceite al eliminarse el agua del alimento. Sin embargo, si la velocidad de evaporación es muy elevada se forma una capa de vapor que reduce el coeficiente de transmisión de calor (Fellows, 1994).

En el freído por inmersión, el alimento es completamente rodeado por el aceite. En la Figura 3, se muestran los principales cambios que ocurren: (i) la humedad de la superficie



y la interna del alimento, se transforma en vapor, (ii) al adicionar el alimento, la temperatura del aceite de freído disminuye, para posteriormente ser compensada por la fuente de calentamiento, (iii) se promueven las reacciones entre los componentes del alimento, por las altas temperaturas; y (iv) la deshidratación de la superficie y la absorción de grasa por el alimento, imparte sabor y textura deseable al alimento (Brooks, 1991; Orthoefer *et al.*, 1996).

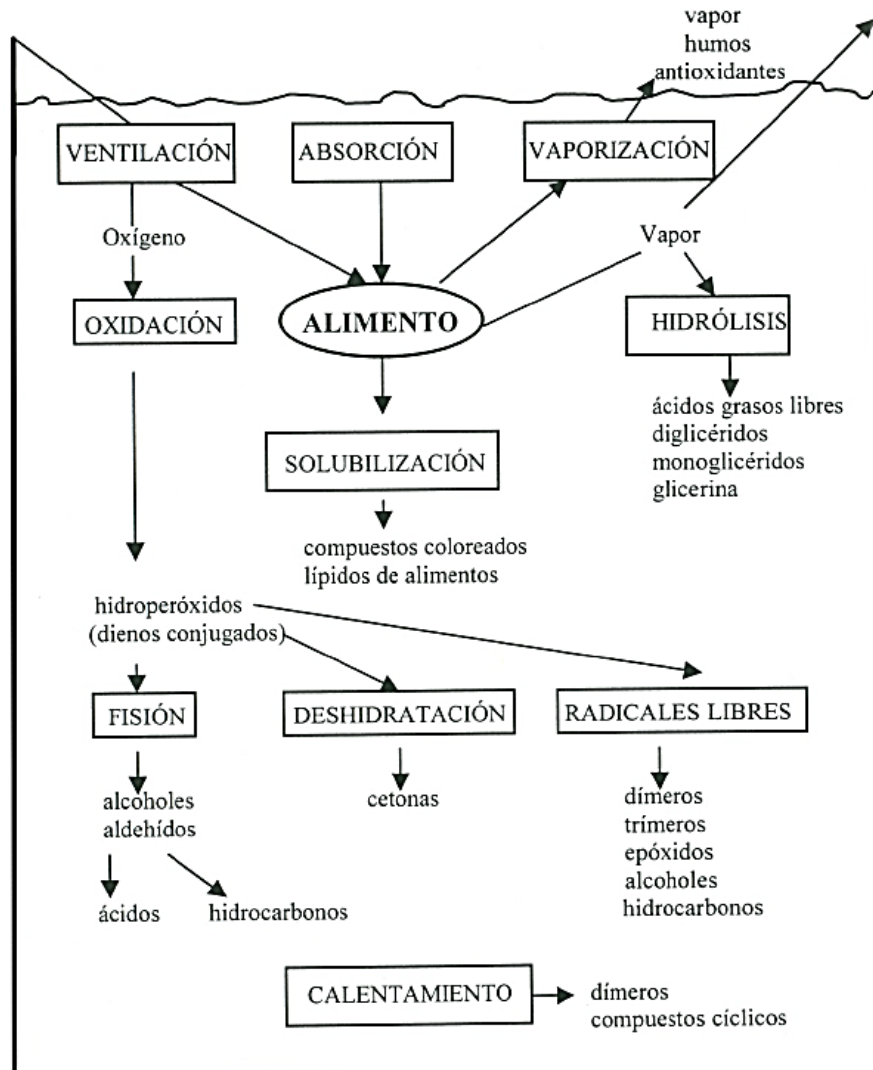


Figura 3. Cambios que ocurren durante el freído por inmersión.

Fuente: Orthoefer *et al.*, (1996).

En la Figura 4, se muestra la estructura de la sección transversal de una papa frita, que describe los eventos que ocurren durante el freído de la misma; la absorción del aceite, la deshidratación de la superficie del alimento, el desarrollo de color de la superficie y de sabores deseables para productos fritos (Orthoefer *et al.*, 1996).

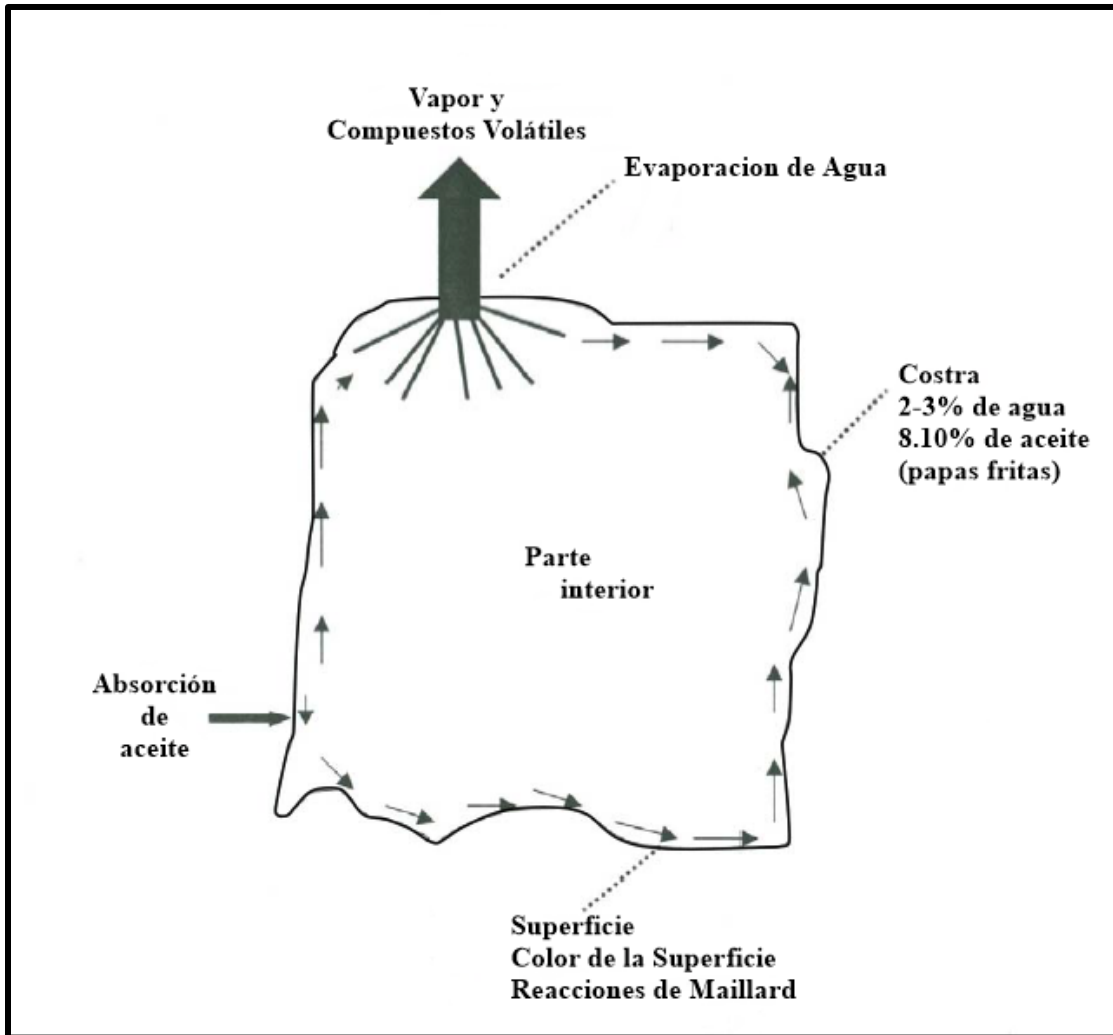


Figura 4. Estructura de la sección transversal de una papa frita (formación de costra).
Fuente: Orthoefer *et al.*, (1996).

En la transmisión de calor dentro del alimento, el agua presente juega un papel muy importante en el proceso de freído, ya que sirve como un medio de transmisión de energía dentro de él, así como de almacén de la misma, al convertirse de líquido a vapor, manteniendo así la temperatura interna del alimento en 100°C, lo cual ayuda al cocinado de la parte interna del alimento. A su vez, a medida que la superficie externa del alimento se deshidrata, el agua de las capas concéntricas del alimento migra hacia la superficie exterior para remplazar la perdida. El vapor es emitido durante todo el proceso de cocimiento hasta que el alimento es removido de la freidora. El vapor limita la penetración del aceite a través de la superficie, al interior del alimento. Se debe tener especial consideración, cuando se utilizan tiempos excesivos de freído a bajas temperaturas y la degradación del aceite a altas temperaturas de freído (Orthoefer *et al.*, 1996).



Factores Críticos para el proceso de freído.

En la Tabla 3 se muestran los factores críticos más importantes en el freído de los alimentos (temperatura, tiempo, tipo de alimento, humedad, relación aceite-alimento, tipo y renovación del aceite) (Rouzaud, 1993; Prats y Díaz, 1996; Orthoefer *et al.*, 1996).

Tabla 3. Factores críticos para el proceso de freído.

Factor	Condición o característica	Efecto
Temperatura	130-145°C	Penetración lenta y profunda de calor.
	155-170°C	El aceite no penetra tan profundo, forma costra exterior.
	175-190°C	Alimentos pequeños con tiempos cortos de freído.
	Arriba de 191°C	Deterioro del aceite (oxidación de la grasa y formación de ácidos grasos libres.)
Tiempos	Debe haber una correlación entre el tiempo-temperatura	A mayor temperatura menor tiempo de fritura. Incrementar el tiempo de fritura, produce una mayor alteración del aceite y del alimento.
Características del alimento	Composición, estructura de la superficie, humedad, lípidos, forma del producto, la relación superficie/peso, rugosidad superficial y porosidad.	Afectan principalmente a los procesos de pérdida de agua y absorción del aceite.
Humedad	Si hay poca humedad	Se pueden formar cetonas y algunos radicales libres formando dímeros, trimeros, epóxidos, alcoholes e hidrocarburos.
	Si hay mucha humedad	Puede haber hidrolisis y formación de ácidos grasos libres, mono, diglicéridos y glicerina.
Relación (aceite: alimento)	1:6 1:10	Con estas relaciones, la fritura es uniforme en toda la superficie del alimento.
Tipo de aceite	Aceite comestible o grasa (aceite de palma, soya, canola, oliva, maíz y girasol)	La calidad del aceite afecta el sabor y aceptabilidad de las botanas, se debe tomar en cuenta la estabilidad, sabor, precio, etc.



Tabla 3. Factores críticos para el proceso de freído.
(Continuación).

Factor	Condición o característica	Efecto
Renovación del aceite	22 veces o 30 veces	Se recomienda remplazar el aceite con aceite fresco o renovar de 15-25% por día para compensar el aceite absorbido y así mantener la calidad del freído.
<p>Fuente: Elaboración propia con información de Dobarganes <i>et al.</i>, (2000); Orthoefeer y Cooper, (1996); Prats y Díaz, (1996); Stauffer, (1996); Suaterna-Hurtado, (2009); Villalta y Monferrer, (1993); Yagüe, (2003); Vives, (2003).</p>		

2.2.2 Generalidades del horneado.

El horneado se define como “cocción de alimentos en un horno de aire al que se puede o no agregar vapor de agua” (Berk-Zeki, 2018). Hornear representa un área de gran actividad e investigación. Se aplica a diferentes productos alimenticios, como los cereales (productos de panadería generalmente: pan, galletas o pasteles), al pescado, carne y empanadas (Figoni, 2011).

En la Figura 5 se muestra una configuración típica de horneado. El producto, que a menudo tiene una reología compleja (viscoso, elástico, plástico, etc), a veces se coloca directamente en una bandeja, o se coloca en un molde o un plato (Flick *et al.*, 2015).

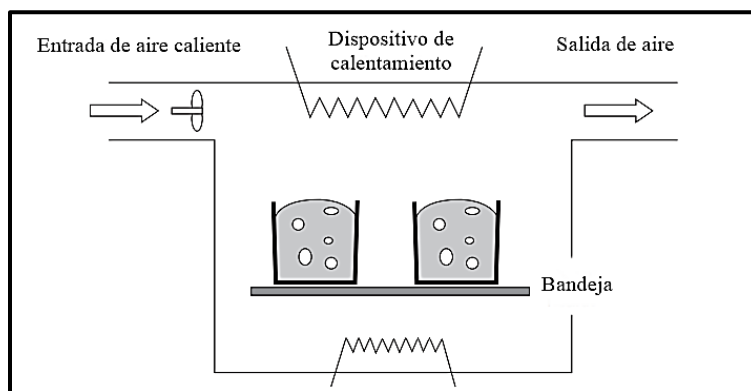


Figura 5. Configuración típica de horneado.

Fuente: Flick *et al.*, (2015).

El proceso de horneado se lleva a cabo en hornos eléctricos de resistencias, en los que se genera calor haciendo pasar una corriente eléctrica por un elemento resistivo que rodea al horno, el horneado de los alimentos se realiza gracias a la transferencia de calor por conducción. En el horneado, los coeficientes convectivos de transferencia de calor al



producto son mucho menores que en el freído. Los alimentos horneados tienen buen sabor y desarrollan durante el proceso de cocción una deshidratación superficial con formación de la corteza que le da un color dorado o tostado agradable, con una característica adicional y es que no presenta impregnación de grasas, virtud que lo hace más saludable (García *et al.*, 2005).

Un propósito secundario de la operación unitaria del horneado, es preservar los alimentos. Algunos de los factores que influyen en la vida útil de los productos horneados son: contenido de humedad, acidez (la mayoría de los productos horneados tienen un pH entre 4.6 y 7.0), cualquier conservante químico usado, el calor (elimina la humedad para reducir la *aw* en la superficie de los alimentos), tipo de embalaje (por ejemplo, embalaje en atmósfera modificada, etc) y la temperatura de almacenamiento y humedad (un gran número de productos horneados que se producen comercialmente, pueden agruparse según su contenido de humedad, *aw* y pH) (Fellows, 2017).

No se debe confundir el horneado con la deshidratación, ya que el objetivo en la deshidratación es eliminar la mayor cantidad de agua posible con cambios mínimos en la calidad sensorial, sin embargo en el horneado hay cambios inducidos por el calor en la superficie de los alimentos y la retención de humedad en el interior de algunos productos, dichas características de calidad son deseables. También, el calor se utiliza para destruir los microorganismos, para evaporar el agua, para formar una costra, para sobrecalentar el vapor de agua (vapor) que se transporta a través de la corteza y para sobrecalentar la corteza seca (Fellows, 2017).

En un horno de aire caliente, el calor que se suministra a los alimentos es mediante una combinación de: (1) Radiación, la cual se debe al calor radiante de las paredes o cuerpos calientes instalados en el horno. Se produce principalmente por radiación electromagnética de longitudes de onda infrarrojas; la cual se absorbe en la superficie de los alimentos y se convierte en calor, que luego se conduce a través de los alimentos; (2) Convección, por circulación de aire caliente, otros gases y vapor de humedad en el horno, estos inciden directamente en la superficie superior del alimento y en la parte inferior (si son colocados en bandas o charolas con rejilla). Su magnitud depende de la velocidad de circulación de los gases calientes; (3) La conducción, tiene lugar entre el



producto y las superficies calientes sobre las que descansa el producto (bandas, bandejas, ladrillos, etc.) (Berk-Zeki, 2018; Fellows, 2017; Davidson, 2019).

Marcotte (2007) describe que los factores importantes que controlan el calor y la transferencia de masa en la cocción con aire caliente son dos: (1) las condiciones de cocción y (2) el tipo de alimento y tamaño. En la Tabla 4 se describen otros factores críticos que intervienen en el proceso de horneado.

Tabla 4. Factores críticos para el proceso de horneado.

Factor	Condición o característica	Efecto
Temperatura	160-180°C	Genera una corteza dorada o tostada en el alimento con consistencia quebradiza, sin impregnación de grasa.
	180-120°C	Forma una corteza dorada y crocante por la deshidratación superficial rápida.
Tiempos	Debe haber una correlación entre la temperatura-tiempo	Los tiempos de horneado son largos, ya que la conductividad térmica del aire es baja, ocasionando que este método sea lento.
Tipo de alimento	Forma y tamaño del alimento	Afecta a los tiempos de cocción, ya que determina la distancia que el calor tiene que recorrer (hasta el centro del alimento) y la humedad (hasta la superficie).
Tipo de horno	Calentamiento directo - Secadores de horno o estufa	Es el más simple y consta de un pequeño recinto en forma paralelepípedica de dos pisos, se usa para secar manzanas, plantas aromáticas y forrajes verdes.
	- Secadores de bandejas o de armario	Funciona en régimen intermitente, consta de una cámara, que contiene soportes sobre las que se apoyan los bastidores para montar las bandejas donde se carga el material al secar, se usa deshidratar frutas y vegetales.
	Calentamiento directo - Hornos de túnel	Usados para cocción a gran escala de alimentos como pan, galletas dulces y saladas, pizzas, etc.
	- Hornos de choque	Utiliza flujos de gas caliente a altas velocidades, el flujo es perpendicular a la superficie del producto, se usan cuando se requiere de un calentamiento rápido en la superficie de los alimentos.



Tabla 4. Factores críticos para el proceso de horneado.
(Continuación).

Factor	Condición o característica	Efecto
Velocidad del aire	Si tienen o no ventiladores	Si el horno tiene ventiladores, aumenta la velocidad del aire, reduciendo así el grosor de las películas de borde en los alimentos, aumentado las tasas de transferencia de calor y de transferencias de masa.
Fuente: Elaboración propia con información de Fito <i>et al.</i> , (2001); Fellows, (2017); García <i>et al.</i> , (2005); Moncada-Rodríguez y Gualdrón de Hernández, (2006).		

2.2.3 Incorporación de ingredientes saludables a las botanas.

Conociendo los métodos de cocción anteriores, el siguiente paso es el de la selección y aplicación de ingredientes saludables que no se vean afectados drásticamente por dichas tecnologías para desarrollar snacks nutritivos y balanceados. Retomando, en la elaboración de botanas, sobre todo en las de última generación se han utilizado gran cantidad y variedad de componentes aparte de los cereales para enriquecer las botanas y elevar su contenido nutrimental, tales como: jitomate, polvos de carne y algunos vegetales como espinacas.

En la literatura científica se han encontrado trabajos que estudian y elaboran algunas botanas de 3G, por ejemplo Delgado-Nieblas *et al.* (2011) elaboraron una botana expandida por microondas enriquecida con Harina de Calabaza y Maíz Amarillo; Dehghan-Shoar *et al.* (2010) elaboraron un aperitivo extruido a partir de tres ingredientes básicos diferentes, arroz, maíz y trigo, como fuente de almidón y pasta de tomate liofilizada, como la fuente de licopeno. Fernández-Ibarra *et al.* (2018) elaboraron una botana de harina de maíz nixtamalizado y hortalizas, emplearon zanahoria, espinaca, nopal y betabel.

Con base a la literatura científica, se sabe que se necesita de algún tipo de harina para elaborar los pellets en las botanas 3G, siendo la de más amplio uso en los snacks la harina de maíz, puesto que en combinación con algunos aditivos logran cambiar la estructura, logrando expansión (cohesividad) y suavidad (crocancia) en el producto. Utilizar una harina proveniente de maíz tiene como beneficio su contenido de calcio biodisponible lo cual permite que estos iones actúen sinérgicamente con aditivos que requieren su presencia para activarse, además no contiene gluten, lo cual provoca



cambios texturales en las botanas y menor absorción de grasa en las formulaciones debido a la fibra presente, derivada de su naturaleza de harina de grano entero (Rivas-Granados y Trejo-Castillo, 2011).

En las últimas décadas las botanas de mayor preferencia siguen siendo aquellas derivadas de maíz y papa, sin embargo debido a las exigencias actuales de producir alimentos funcionales, se han buscado nuevas materias primas para elaborar botanas (Delgado-Nieblas *et al.*, 2011), una alternativa podría ser la utilización de la jícama, el chayote y el quelite, los cuales aportan un excelente contenido de carotenoides, asimismo el quelite es fuente importante de fibra dietaría y proteína, lo cual lo hace atractivo para el desarrollo de nuevos productos para la alimentación humana.

2.3 Ingredientes utilizados para enriquecer la botana.

2.3.1 Generalidades de la jícama.

2.3.1.1 Clasificación y descripción de la jícama.

La palabra jícama es de origen azteca y es conocida en náhuatl como xīcama o xīcamatl, cuyo significado es “raíz acuosa” (Arrobo-Reyes, 2013). En la Tabla 5 se muestra la clasificación taxonómica de la jícama producida en México:

Tabla 5. Clasificación taxonómica de la jícama.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Fanerógama Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>
Subfamilia	<i>Faboideae</i>
Tribu	<i>Phaseoleae</i>
Subtribu	<i>Diocleinae (Phaseolinae)</i>
Genero	<i>Pachyrhizus</i>
Especies	<i>Pachyrhizus erosus</i>
Nombres comunes	Pelenga, yacón, pipilenga, o nabo mexicano (Arrobo-Reyes, 2013).

Fuente: Ueda, (2008^a).






Científicamente la variedad cilíndrica se la conoce en México con el nombre de *Pachyrhizus erosus* y en Ecuador con el nombre de *Smallanthus sonchifolius*. Esta planta originaria de México, fue llevada hacia Indonesia, y Centroamérica, y luego a la América del Sur, a países como Perú y Ecuador (Arrobo-Reyes, 2013).

La jícama (*Pachyrhizus erosus*) es una raíz leguminosa que se consume como vegetal crudo y es apetecido por su crujencia y color blanco de la pulpa. Aunque es originaria de México y Centroamérica, también se produce en otros países de Sur América y en el Sureste Asiático. Este recurso natural tiene amplias posibilidades para su consumo masivo y como producto para la exportación porque, presenta un buen balance entre su contenido de carbohidratos y proteínas (Ortiz-Herrera *et al.*, 2014).

2.3.1.2 Variedades botánicas de jícama.

El género posee dos especies silvestres y tres especies cultivadas (Sorensen, 1996), siendo *Pachyrhizus erosus* la más importante y a la cual se refiere la mayor parte de la literatura (Grum, 1990). Entre las especies más cultivadas alrededor del mundo están la *P. erosus* (jícama mexicana), *P. ahipa* (*ahipa*) y *P. tuberosus* (*jíquima*, *chuin* o *jícama del Amazonas*) (Tabla 6) se cultivan por sus raíces engrosadas, succulentas, azucaradas y de buen contenido proteínico, de las cuales son comestibles sus tubérculos. Las especies *P. ferrugineus* y *P. panamensis* son silvestres y no se aprovechan aunque también son cultivables (Sorensen, 1996).

Tabla 6. Especies de *Pachyrhizus* mayor cultivadas.

<i>Pachyrhizus erosus</i>	<i>Pachyrhizus ahipa</i>	<i>Pachyrhizus tuberosus</i> .
 <p>(a)</p>	 <p>(b)</p>	 <p>(c)</p>
<p>Tubérculo para venta en carretera, Estado de Morelos, México. (Foto: Sorensen, 1996).</p>	<p>Tubérculos de origen local cultivados en INIFAP-CIR CENTRO, Campo Experimental Bajío, Celaya, México. (Foto: Heredia, 1996).</p>	<p>Tubérculos de la zona de Iquitos, Perú. (Foto: Thirup, 1996).</p>



Las tres especies antes mencionadas tienen su origen en América Latina: *Pachyrhizu erosus* se cultiva principalmente en México y América Central, el cultivo de la leguminosa tubérculo *Pachyrhizu tuberosus* se distribuye esporádicamente a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales de América del Sur (Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela), y *P. ahipa* en la actualidad se registra su cultivo solo en los valles andinos orientales subtropicales en Bolivia y al norte de la Argentina, de donde se cree que procede (Sorensen *et al.*, 1997).

Los países de Japón, Nueva Zelanda y México explotan adecuadamente las ventajas de la jícama. Además, México es el principal exportador a los Estados Unidos. Japón fue el primer país que estudió los efectos medicinales de este fruto y Nueva Zelanda se convierte en unos de los primeros países en cultivar la raíz fuera de su país de origen que es México (Arrobo-Reyes, 2013).

2.3.1.3 Composición química y valor nutricional.

Cabe destacar que las partes utilizables de la jícama es su tubérculo, el cual se caracteriza por su sabor dulce y almidonado, análisis bromatológicos determinan que posee alrededor de un 82-90% de agua, 1.4% de fibra cruda y entre 14.9% de carbohidratos, vitamina C, calcio, fosforo, potasio, hierro (Tabla 7).

Tabla 7. Composición química y valor nutricional de *P. erosus* en 100 g.

Elemento	Cantidad (%)	Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (mg)
Humedad	82.01 ± 2.24	K	172 ± 3.14	Ácido ascórbico	14 ± 0.1
Cenizas	0.5 ± 0.12	Na	35 ± 1.23	Tiamina	0.05 ± 0.001
Proteína	1.23 ± 0.13	P	18 ± 1.02	Riboflavina	0.02 ± 0.002
Fibra cruda	1.4 ± 0.14	Ca	16 ± 0.45	Piridoxina	0.25 ± 0.01
Lípidos	0.1 ± 0.04	Mg	12.9 ± 1.05	Niacina	0.2 ± 0.01
Carbohidratos	14.9 ± 0.04	Fe	1.4 ± 0.03	Ácido fólico	0.001 ± 0.0002
Azúcar soluble total	2.13 ± 0.11	Mn	0.06 ± 0.002	Energía (kcal)	39

Fuente: Noman *et al.*, (2007).



Un aspecto interesante de este cultivo es que, a diferencia de otras raíces y tubérculos que almacenan carbohidratos en forma de almidón (polímero de glucosa), esta especie lo hace en forma de inulina (polímero de fructosa). Estas propiedades han convertido a la jícama en un recurso prometedor para la elaboración de productos dietéticos, ya que los azúcares que contiene están almacenados en forma de inulina, polímero de la fructosa o levulosa: un “azúcar” con características especiales, que aun siendo más dulce que la glucosa, no causa problemas en los diabéticos, por no elevar la glucosa sanguínea. La jícama contiene un sin número de propiedades nutricionales y medicinales. Entre los beneficios medicinales se pueden mencionar: Ayuda a evitar el estreñimiento, a desinflamar el colon por la gran cantidad de fibra que contiene, a controlar los niveles de azúcar en los diabéticos, porque produce la inulina que es un endulzante natural; a prevenir el cáncer al colon; además esta raíz se puede incluir perfectamente en una dieta para personas obesas (Arrobo-Reyes, 2013).

2.3.1.4 Importancia económica de la jícama.

Como se puede ver en la Figura 6, la producción de jícama ha aumentado en los últimos años, con base a los datos reportados por el SIAP, estas cifras se han ido incrementando debido a que su consumo como golosina hizo crecer la demanda nacional en las ciudades del Centro y Norte del país (SIAP, 2017).

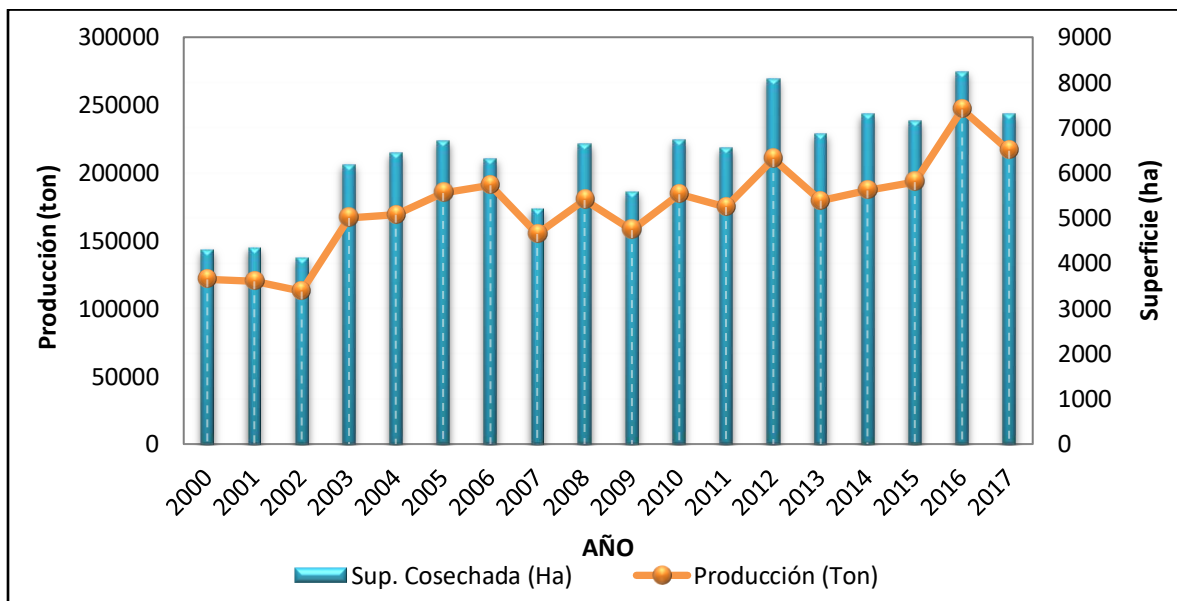


Figura 6. Producción de jícama en México en el periodo de 2010 a 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, (2017).



La superficie destinada para el cultivo de jícama en el año 2000 era de 4 289.50 mil hectáreas con una producción de 121 665 toneladas como se puede apreciar del lado derecho en la Figura 6, para el año 2010 alcanzo las 184 271.43 toneladas, mientras que para el año 2017 la superficie sembrada en el país fue de 7 338.95 mil hectáreas con una producción de 216 509.26 toneladas de jícama, es decir la producción aumento más del 40% en los últimos 17 años según cifras del Anuario Estadístico de la Producción Agrícola (SIAP, 2017).

Con base en estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), anualmente se producen alrededor de 175 078.84 mil toneladas de jícama en 17 estados del país. En el año 2017 en México los estados con mayor producción de jícama fueron Nayarit con el 39.74%, Guanajuato con el 14.05% y Morelos con el 12.82%, siguiendo Veracruz, Michoacán, Guerrero, Puebla, Jalisco, Baja California Sur (1.19%), Querétaro (0.97%), Sinaloa (0.64%), Colima (0.59%), Campeche (0.35%), Yucatán (0.28%), San Luis Potosí (0.24%), Estado de México (0.09%) y Quintana Roo (0.05%) (Figura 7).

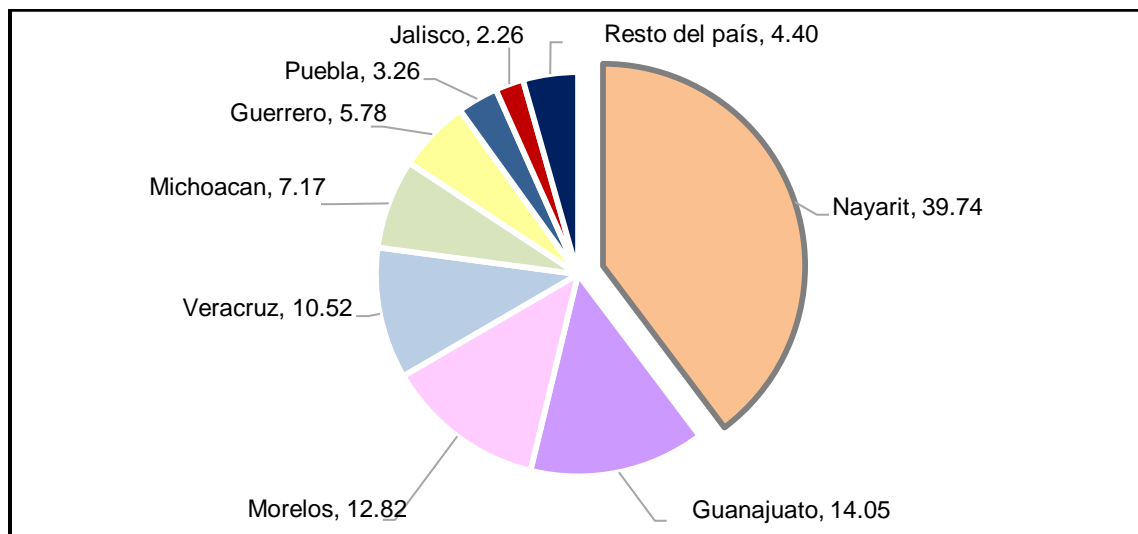


Figura 7. Estados productores de jícama en México en el año 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, 2017.

El gusto de consumidores de otras latitudes internacionales por la jícama mexicana, ha proyectado un incremento de sus ventas externas, al pasar de 42 mil 363 en 2012 a 50 mil 540 ton en el 2017. De esas 42,364 ton en 2012 se exportaron hacia los Estados Unidos de América el 99.95%, el 0.03% a Guatemala y el 0.02% a Costa Rica y España, con un valor aproximado comercial de \$12 354 258 millones de dólares. Por otro lado,



para el año 2017 se exportaron cerca de 50 540 mil ton de jícama, 99.8% hacía EUA, 0.11% a Canadá, 0.07% a Francia, y el resto hacia nuevos mercados, con un valor aproximado de \$16, 692, 912 millones de dólares (Figura 8). Desde 2012 las exportaciones de México hacia nuevos mercados ha aumentado un 2%, a países como Emiratos Árabes Unidos (EAU), Reino Unido de Gran Bretaña (GBR), Belice, Dinamarca, España, Japón y Nicaragua (SIAP, 2018).

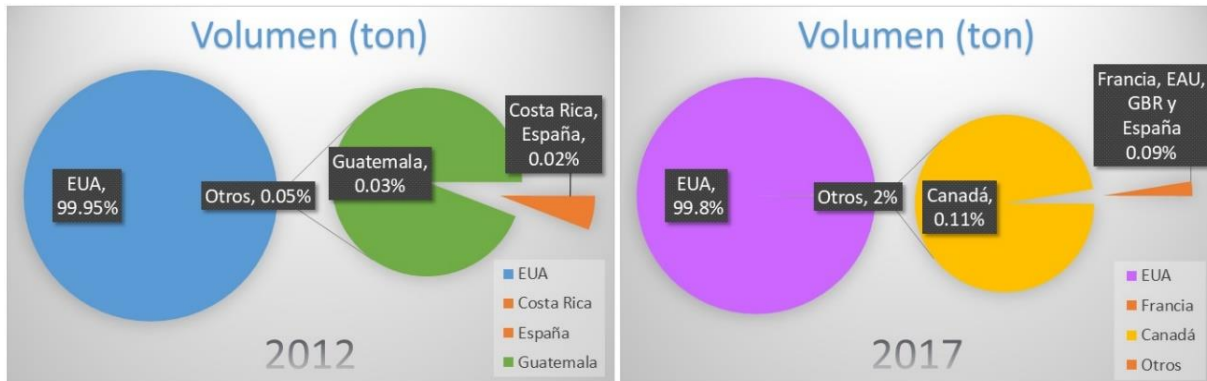


Figura 8. Exportación de jícama en México en el periodo de 2012 a 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, 2018.

2.3.1.5 Productos y usos de la jícama.

La jícama se usa en México de diferentes maneras: Como fruta fresca, los tubérculos se cortan y colocan en palos y se espolvorean con chile y jugo de limón (vendido por vendedores ambulantes). Como verdura: las rodajas de tubérculos frescos se utilizan en diversos platos de ensaladas. Los tubérculos cocidos se utilizan para preparar una sopa, solos o con otras verduras. Las rodajas de tubérculos se pueden sofreír. Los tubérculos en rodajas o en cubitos se pueden conservar en vinagre con cebolla y chile y se usa como refrigerio con bebidas. En Estados Unidos de Norteamérica y Japón la han incorporado en algunos platillos orientales, principalmente por la escasez de castaña de agua de procedencia de china, y como bocadillo bajo en calorías. En Malasia, los tubérculos tiernos son rebanados y comidos con otros vegetales tiernos con una salsa picante, este es un tradicional platillo llamado "rujak" (Sorensen, 1996).

Actualmente en el mercado existen gran variedad de botanas a base de jícama como tortillas chips, tortillas para tacos, jícama deshidratada o chips de jícama enchiladas (Figura 9).



Figura 9. Productos industrializados de jícama.

Fuente: (A) Xica, 2012; (B) Coliman Produce, 2018; (C) JicaChips, 2019.

2.3.2 Generalidades del chayote.

2.3.2.1 Clasificación y descripción del chayote.

La palabra chayote es un derivado de la palabra Náhuatl "chayotl" que significa "con espinas" (Cook, 1901). De toda la riqueza biológica del chayote, únicamente se conocen a escala comercial dos tipos preferentes, de los cuales uno se ubica en el grupo varietal *virens levis* (verde liso) y el otro en el grupo *nigrum spinosum* (negro espinoso) cuyo destino principal es el mercado de Estados Unidos de América y Canadá (Arévalo-Galarza *et al.*, 2011). En el presente proyecto de tesis se utilizó la variedad *virens levis*, a continuación se presenta su clasificación taxonómica:

Tabla 8. Clasificación taxonómica del chayote.

Reino	<i>Plantae</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Dilleniidae</i>
Orden	<i>Cucurbitales</i>
Familia	<i>Cucurbitaceae</i>
Subfamilia	<i>Cucurbitoideae</i>
Tribu	<i>Sycioideae</i>
Subtribu	<i>Sicyinae</i>
Genero	<i>Sechium</i>
Especie	<i>Sechium edule</i>

Fuente: Ueda, (2008^b).



2.3.2.2 Variedades botánicas de chayote.

El chayote (*Sechium edule*) es una planta cucurbitáceas nativa de Mesoamérica, los frutos, las hojas tiernas y raíces tuberosas son consumidos como verdura, el cual es el más difundido a nivel mundial. El chayote ha sido significativo en la dieta autóctona desde tiempos precolombinos y es un importante cultivo de exportación de algunos países de América Latina (Lira-Saade, 1996). Dentro de la variación de *S. edule* están: color, apariencia y sabor del fruto, que han sido atribuidas al proceso de domesticación (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007). La importancia económica que cada tipo de chayote, se basa principalmente en la preferencia local, lo que ha permitido conservar su identidad fenotípica, nomenclatura etnobotánica y variedades (Tabla 9). Actualmente el chayote se distribuye en los cinco continentes, ya que en los últimas dos décadas ésta especie ha prosperado comercialmente de hortaliza de traspatio, a producto no tradicional de exportación (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2001), su demanda principal es el mercado de Norte América (Lira-Saade, 1996; Cadena-Iñiguez, 2005).

Tabla 9. Características principales de las variedades de chayote cultivadas en México.









Variedad	Medidas (cm)		Características	Pedúnculo	Mesocarpio	Sabor
 <i>albus dulcis</i>	L	8.0-15.3	Fruto pequeño piriforme medio alargado; color amarillo crema, glabro, con cinco costillas no muy marcadas y hendidura basal no muy profunda.	Glabro verde claro con estriado longitudinal verde amarillo.	De color blanco crema.	Ligeramente dulce (7.2°Bx) con presencia de fibra medianamente adherida al mesocarpio.
	A	4.8-8.8				
	G	3.8-7.3				
 <i>albus levis</i>	L	6.1-16.6	Fruto pequeño ovoide; color amarillo crema, glabro con presencia de costillas no muy marcadas y hendidura basal muy notoria.	Con baja pubescencia, color verde claro con estriado longitudinal verde amarillo.	De color blanco a crema.	Neutro o simple y presencia de fibra adherida al mesocarpio.
	A	5.3-10.4				
	G	4.6-8.7				
 <i>albus spinosum</i>	L	5.8-17.1	Fruto amarillo, piriforme; hendidura basal pronunciada, presencia de espinas en densidad media a baja, sin presencia de costillas en apariencia.	Color verde claro.	De color blanco cremoso.	Ligeramente dulce y fibra medianamente adherida.
	A	5.0-12.2				
	G	3.6-9.7				



Tabla 9. Características principales de las variedades de chayote cultivadas en México.
(Continuación)

Variedad	Medidas (cm)		Características	Pedúnculo	Mesocarpio	Sabor
 <i>nigrum maxima</i>	L	12.1-33.7	Fruto muy grande alargado; Color verde claro, glabro, con cinco costillas muy marcadas y hendidura basal muy notoria a profunda.	La pubescencia es baja en el pedúnculo muy corto de color verde claro.	De color verde muy claro.	Neutro con mucha fibra medianamente adherida al mesocarpio.
	A	8.1-11.3				
	G	6.3-8.8				
 <i>albus minor</i>	L	3.2-4.1	Fruto semi-esférico blanco crema; glabro sin presencia de costillas y hendidura basal.	Pedúnculo verde claro y pubescente.	Mesocarpio color crema.	Neutro con fibra muy adherida.
	A	3.0-3.3				
	G	2.7-3.2				
 <i>nigrum spinosum</i>	L	5.8-17.1	Fruto de color verde claro a verde oscuro, grande, piriforme; densamente espinoso (media a alta), cinco costillas no muy marcadas, hendidura basal muy marcada.	Con pubescencia muy baja en pedúnculo.	Verde claro a verde oscuro.	Neutro a ligeramente dulce (6.43°Bx) y fibra muy adherida.
	A	5.0-12.2				
	G	3.6-9.7				
 <i>nigrum xalapensis</i>	L	15.5-26.6	Fruto grande, verde claro a verde oscuro, piriforme alargado; glabro (sin espinas), cinco costillas no muy marcadas, hendidura basal muy marcada.	Con pubescencia medianamente baja.	Color verde oscuro.	Sabor ligeramente dulce y muy poca fibra adherida al mesocarpio.
	A	4.4-18				
	G	4.0-10.7				
 <i>virens levis</i>	L	9.3-18.3	Fruto mediano a grande, piriforme; Color verde claro (pantone 373c), cinco costillas muy poco marcadas y hendidura basal no muy profunda.	Pedúnculo largo con pubescencia muy baja de color verde claro.	Mesocarpio color verde claro.	Con sabor ligeramente dulce y fibra medianamente adherida.
	A	6.0-11.40				
	G	5.40-9.60				

Fuente: Elaboración propia con información de Arévalo-Galarza *et al.*, (2011).

2.3.2.3 Composición química y valor nutricional.

El desarrollo de una chayotera es relativamente sencillo, pero a pesar de su relativa facilidad de cultivo de la especie y su disseminación a varias partes del mundo, su valor



nutritivo y potencial comercial no es completamente explotado. La utilización insuficiente del chayote alrededor del mundo puede deberse en parte a la falta de comprensión de su desarrollo en la naturaleza y la composición nutricional. Este vegetal tiene un bajo contenido de lípidos y proteínas (Tabla 10), pero es una fuente importante de minerales, aminoácidos, y vitaminas. El contenido de hidratos de carbono presumiblemente contribuye al sabor y la nutrición de los brotes de chayote, que son altamente valorados como un manjar cocido y como una fuente de verduras verdes de los habitantes de las regiones tropicales (Lira-Saade, 1996).

Tabla 10. Composición química de *Sechium edule* en 100 g.

Elemento	Cantidad (%)	Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (mg)
Humedad	94.24 ± 0.53	K	125 ± 10	Ácido ascórbico	7.7 ± 1.3
Ceniza	0.30 ± 0.04	Na	2 ± 0.0001	Tiamina	0.025 ± 0.003
Proteína	0.82 ± 0.12	P	18 ± 3	Riboflavina	0.029 ± 0.006
Fibra	1.7 ± 0.5	Ca	18 ± 0.0001	Niacina	0.470 ± 0.028
Lípidos	0.13 ± 0.06	Mg	12 ± 1	Ácido pantoténico	0.249 ± 0.097
Carbohidratos	4.51 ± 0.0001	Fe	0.34 ± 0.0001	Vitamina B-6	0.076 ± 0.023
Azúcares totales	1.66 ± 0.0001	Mn	0.189 ± 0.0001	Energía (kcal)	19

Fuente: USDA, (2010).

Estudios realizados con frutos y hojas de chayote han revelado actividad diurética, anti-inflamatoria e hipotensora, además ayuda a la eliminación de cálculos renales, es utilizado como complemento en el tratamiento de arteriosclerosis e hipertensión, alivia la inflamación intestinal y cutánea además de favorecer la cauterización de úlceras (Diré *et al.*, 2003).

Contiene además peroxidasas, esteroides, alcaloides, saponinas, fenoles, polifenoles, flavonoides y cucurbitacinas, a los que se les atribuye actividad anti-alérgica, anti-inflamatoria, antiviral y antitumoral (Jayaprakasam *et al.*, 2003; Setzer y Setzer, 2003; Siciliano *et al.*, 2004; Cadena-Iñiguez *et al.*, 2007).



Se le atribuyen propiedades antihipertensivas y antioxidantes, validadas con estudios farmacológicos, también se le atribuyen propiedades medicinales para disolver cálculos renales y como auxiliar en el tratamiento de hipertensión, arteriosclerosis y la retención de orina (Frías-Tamayo *et al.*, 2016).

2.3.2.4 Importancia económica del chayote.

De acuerdo a la Figura 10; la superficie destinada para el cultivo de chayote en el año 2000 era de 2351.75 mil hectáreas con una producción de 128887.23 mil toneladas, se notó un considerable aumento en la producción a partir del año 2008, las cifras alcanzaron una producción de 148381.85 mil toneladas (SIAP, 2017).

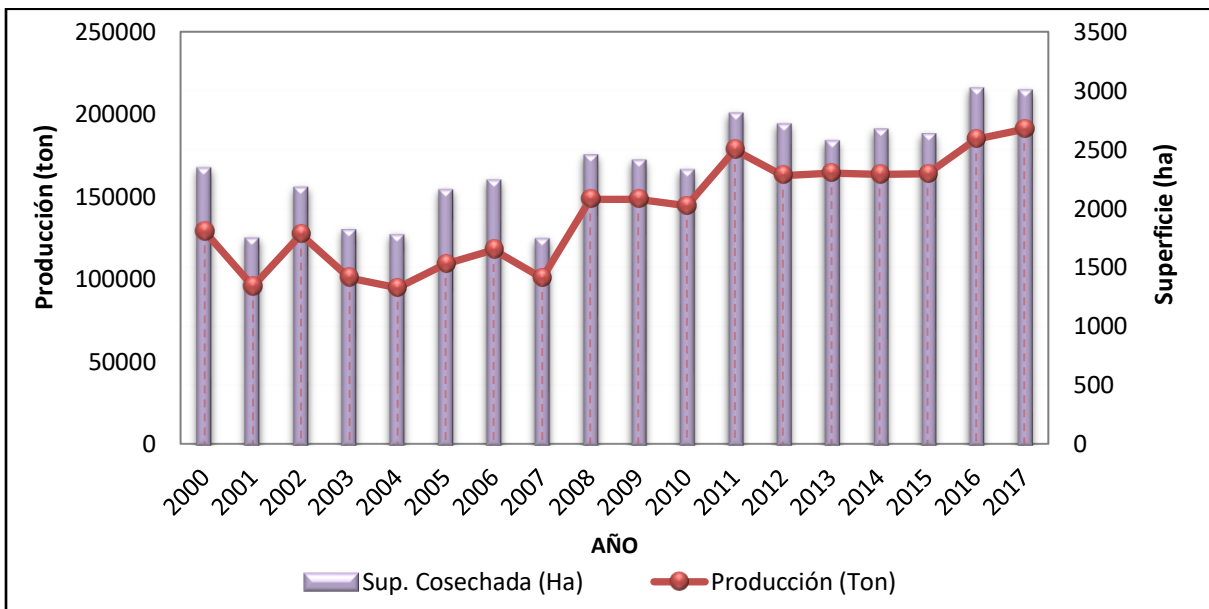


Figura 10. Producción de chayote en México en el periodo de 2000 a 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, (2017).

Los aumentos en la producción se deben a que en agosto del 2007 el GISEM, con el apoyo financiero del SINAREFI-SAGARPA, inauguró el Banco Nacional de Germoplasma de chayote (BANGESE) en el CRUO-UACH-Huatusco, Veracruz, México, y en diciembre del 2008 se inauguró la réplica en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) campo experimental de Rosario Izapa, Chiapas, México, con el fin de preservar su biodiversidad, facilitar la investigación, incrementar las formas actuales de utilización, y aumentar la producción del chayote en territorio nacional (Cadena-Iñiguez y Arévalo-Galarza, 2010).



La producción de chayote ha ido en aumento en más del 35% en los últimos 17 años según el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, eso se corrobora con los datos reportados por el SIAP, los cuales indican que la superficie sembrada en ese año en el país fueron de 2 996.80 mil hectáreas con una producción de 190 848.05 mil toneladas de chayote (SIAP, 2017).

Por otro lado, estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, indican que anualmente se producen alrededor de 140 174.97 mil toneladas de chayote en 10 estados del país. En el año 2017 en México los tres estados con mayor producción de chayote fueron Veracruz con el 85.65%, Michoacán con el 10.67% y Jalisco con el 2.64% (Figura 11), seguidos de San Luis Potosí (0.41%), Estado de México (0.34%), Puebla (0.11%), Yucatán (0.07%), Guanajuato (0.04%), Tabasco (0.04%) y Chiapas (0.03%) (SIAP, 2017).

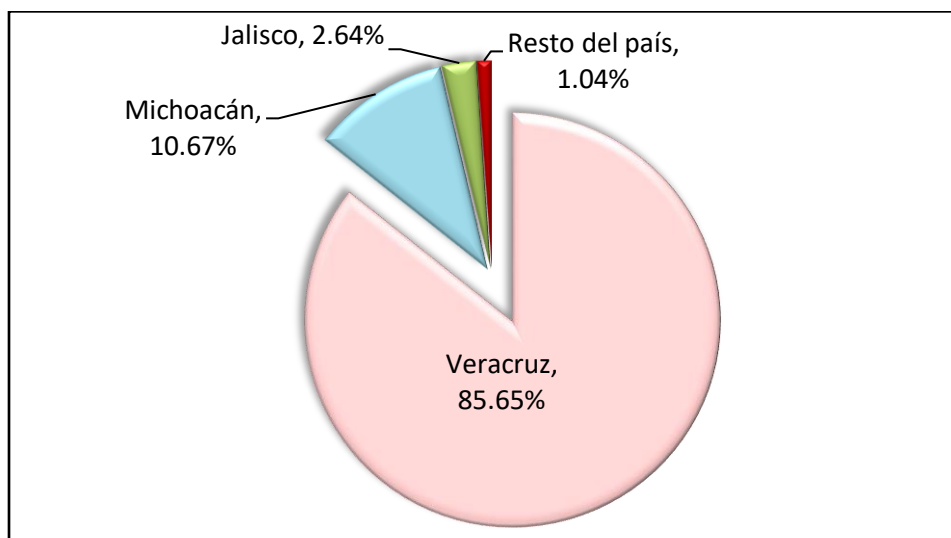


Figura 11. Estados productores de chayote en México en el año 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, (2017).

En México, los estados de Veracruz, Chiapas y Oaxaca, son los lugares donde se presenta la mayor diversidad genética del mundo. Aun cuando el chayote representa una importancia social, económica, cultural y ambiental, no había sido abordado en un proceso de investigación integral, que permitiera establecer una vinculación con el usuario y consumidor del mismo (Cadena-Iñiguez y Arévalo-Galarza, 2010).

México ocupa el primer lugar en producción y exportación de chayote verde liso a nivel mundial con el 53 % del mercado, seguido de Costa Rica (Figura 12) (World Trade Atlas).



Otros países productores como Guatemala, Brasil, Puerto Rico, Argelia, India, Nueva Zelanda y Australia canalizan la mayor parte de su producción para autoconsumo (Cadena-Iñiguez *et al.*, 2001; Brenes-Hine, 2002).

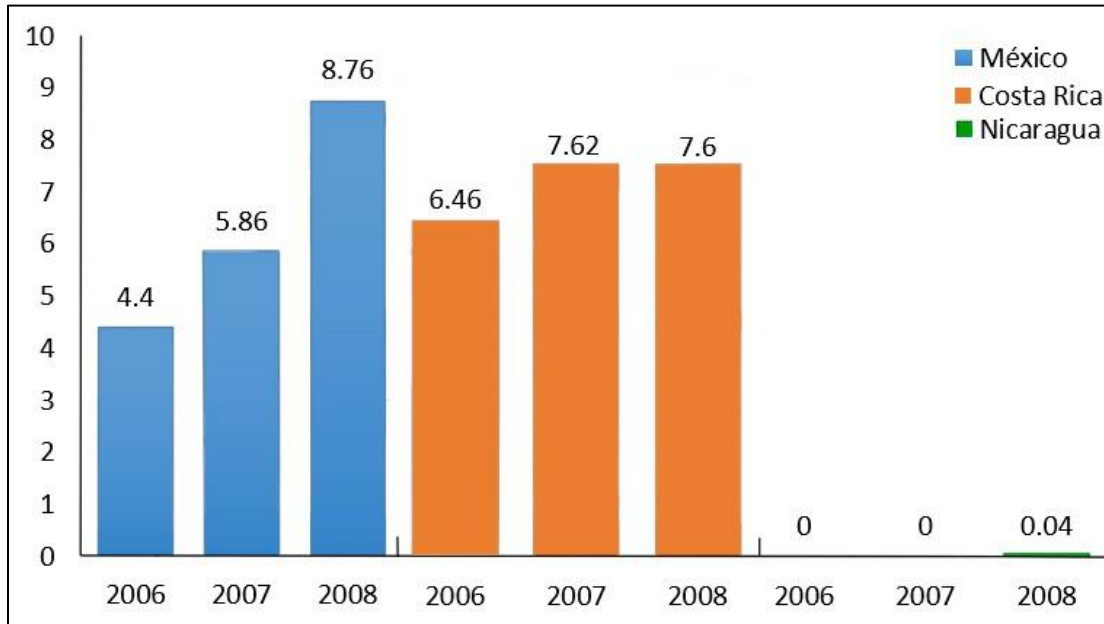


Figura 12. Exportación de chayote (millones de dólares) hacia EUA.

Fuente: Avendaño-Arrazate *et al.*, (2010).

Es importante considerar que México es el primer exportador mundial de chayote verde liso, con el estado de Veracruz como principal productor a quien le representa su cuarto cultivo prioritario. Su cultivo en México se ha centrado a la producción de fruta, que produce alrededor de 100,620.25 toneladas/año (SAGARPA, 2004).

Según SAGARPA, la producción promedio del tubérculo del chayote en México se calculó en 1 084.5 toneladas/año, considerando el número de hectáreas cultivadas (2 065.5 Ha), el número de plantas por hectárea (125 plantas) y el número de tubérculos producidos por planta (2 tubérculos), así como el promedio peso del tubérculo (2.1 kg). Estos datos muestran que los tubérculos del chayote pueden ser una fuente potencial de materia prima. También existen explotaciones comerciales en las que se cosecha sólo el fruto. La preferencia para chayote en el mercado internacional como un producto de importación ha sido puesto en cuarto lugar después de aguacate, tomate y café, en el caso de México (Bancomext, 2004).



2.3.2.5 Productos y usos del chayote.

El uso principal de la planta de *S. edule* es el fruto, que es consumido en fresco como hortaliza. Su consumo es hervidos con sal, o azúcar, agregándose a diferentes guisos, caldos y sopas. Se comen en crudo, fríos o asados a semejanza de las papas. El fruto también es utilizado por la industria para la elaboración de alimentos infantiles, jugos, salsas y pastas, como forraje para la alimentación del ganado. También se consumen debido a las propiedades medicinales que se le atribuyen. Los tallos duros y fibrosos, son la única parte de la planta que no se consume (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010).

Actualmente en el mercado mexicano a nivel industrial son muy pocos los productos que explotan al chayote (Figura 13), principalmente se ocupa en la elaboración de papillas para bebé solo o en combinación con otras frutas y verduras, existen muy pocas variedades de botanas a base de chayote (deshidratado o tipo chip).



Figura 13. Productos industrializados de chayote.

Fuente: (A) Superama, 2019^b; (B) Walmart, 2019; (C) GoodExpress, 2013.

2.3.3 Generalidades de los quelites.

2.3.3.1 Clasificación y descripción del quelite quintonil.

El término “quelite” proviene del vocablo náhuatl “quilitl”, que se usa para designar a las hierbas comestibles y tiene su correspondencia en diversos idiomas indígenas (Castro-Lara *et al.*, 2014).

El quelite quintonil también es llamado “quelite, bledo, amaranto, caltunit (totonaco)”. Es una planta mexicana que crece principalmente en milpas, cafetales, huertos familiares o en los traspatios y está fuertemente asociada a las labores agrícolas de los campesinos (Castro-Lara *et al.*, 2011). El uso y conocimiento sobre los quelites continúa de manera local, principalmente, en zonas rurales donde los pequeños agricultores son capaces de



mantener los recursos nativos y comidas tradicionales. Su selección y consumo se ha basado en que sean agradables al gusto, de fácil digestión y libres de compuestos tóxicos (Linares y Bye, 2012).

Según Linares y Bye (2015) existen 127 especies herbáceas nativas distintas que habitan en las milpas mexicanas, encontrándose que las especies de quelites más representativas a nivel país son: la verdolaga (*Portulaca oleracea*), el quintonil o amaranto (*Amaranthus* spp), el epazote (*Dhysphania ambrosioides*), el pápalo (*Porophyllum ruderale* subsp. *macrocephalum*), el quelite cenizo (*Chenopodium berlandieri*), entre otros. En el presente trabajo de tesis se trabajó con el quelite quintonil *Amaranthus hybridus*, en la Tabla 11 se presenta la clasificación taxonómica del quelite con el que se trabajó:

Tabla 11. Clasificación taxonómica de *Amaranthus hybridus*.

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Tracheophyta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Caryophyllidae</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Subfamilia	<i>Amaranthoideae</i>
Tribu	<i>Amarantheae</i>
Subtribu	<i>Amaranthinae</i>
Genero	<i>Amaranthus</i> L.
Especie	<i>Amaranthus hybridus</i>

Fuente: Ueda, (2008^o).

2.3.3.2 Géneros de quelite.

En México se consumen alrededor de 500 especies de quelites (Mera *et al.*, 2011) los cuales han sido seleccionados por las tradiciones locales de los distintos pueblos y regiones. Sin embargo, desde hace cinco siglos la diversidad de especies consumidas como quelites han disminuido entre el 55-90%. En el valle de México, en el año de 1580 se consumían de 84 a 150 especies de quelite, actualmente sólo se consumen alrededor



de 15 especies únicamente (Linares y Bye, 2015). La mayoría de los quelites usados en la alimentación pertenecen 6 familias: *Asteraceae*, *Apiaceae*, *Fabaceae*, *Amaranthaceae*, *Chenopodiaceae* y *Brassicaceae* (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015).

El género *Amaranthus* de Linneo incluye especies que se originaron en las Américas, África y Eurasia. La asociación entre estas plantas y el nombre *Amaranthus* fue relativamente reciente en aquella época. Los amarantos de grano (*A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus*) y sus parientes silvestres (*A. hybridus* L. y *A. powellii* S. Wats) fueron introducidas en Europa en el siglo XVI. Actualmente en México se reportan 29 especies entre las que siguen destacando: *A. hypochondriacus*, *A. spinosus*, *A. caudatus*, *A. cruentus*, *A. hybridus* y *A. retroflexus* (Espitia-Rangel et al., 2010).

A continuación en la Tabla 12 se presentan algunas fotografías de los principales géneros de *Amaranthus* más destacados en México.

Tabla 12. Principales géneros de *Amaranthus* en México.









Especie	Especie
 <p data-bbox="331 1518 764 1549"><i>A. hypochondriacus</i> raza mixteca</p>	 <p data-bbox="883 1482 1300 1514"><i>A. hypochondriacus</i> raza azteca</p>
 <p data-bbox="472 1854 621 1885"><i>A. cruentus</i></p>	 <p data-bbox="1016 1854 1166 1885"><i>A. spinosus</i></p>



Tabla 12. Principales géneros de *Amaranthus* en México.
(Continuación).

Especie	Especie
 a <i>A. hybridus</i> (Quintonil rojo)	 a <i>A. hybridus</i> (Quintonil verde)
 b <i>A. retroflexus</i>	 c <i>A. caudatus</i>

Fuente: (a) Mapes-Sánchez *et al.*, (2013); (b) y (c) Guillén, (2014).

Fotos: (a) Márquez-Luna *et al.*, (2013); (b) Huerta, (2017); (c) Lewis, (2007).

2.3.3.3 Composición química y valor nutricional.

Los estudios recientes sobre los quelites ofrece resultados prometedores en cuanto a su contenido de nutrimentos y, en algunos casos, de sustancias bioactivas con propiedades interesantes en el campo de la salud, como los polifenoles (antioxidantes), ácidos grasos poliinsaturados de las series n-3 y n-6, y *flavonoides* como la ametoflavona, kaempferol y quercetina (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015).

Por su parte, el valor nutrimental resulta de la combinación de las características intrínsecas del alimento, y de la cantidad que se ingiera de él, la cual difiere de una persona a otra y varía de un día a otro, pues es el resultado de circunstancias ajenas al alimento mismo. Contienen cantidades considerables de agua (más del 75%), y entre los sólidos (25%) se encuentran hidratos de carbono, fibras y pequeñas cantidades de lípidos que dan una densidad energética comparativamente baja. Varios de los quelites autóctonos como el *Amaranthus hybridus* contienen entre un 17% de proteína (Tabla 13) siendo superiores al de otras verduras. Los nutrimentos inorgánicos que se encuentran en



mayor concentración en los quelites son el calcio, el potasio, el magnesio, el fósforo y, en menores cantidades, el hierro, el sodio y el zinc (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015).

En general son ricos en potasio y muy bajos en sodio, además de que contienen menos fósforo que calcio. En el chepil, el iztaquililtl, la malva, el quintonil rojo, el quelite blanco, y la punta calabacera se llegan a encontrar valores de hierro de hasta 16.8 mg que son comparativamente altos (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015).

Tabla 13. Composición química y valores nutricionales de *Amaranthus hybridus* L. en 100 g de base seca.

Elemento	Cantidad (%)	Elemento	Cantidad (mg)	Elemento	Cantidad (mg)
Proteína	17.92	K	54.20	Ácido ascórbico	25.40
Lípidos	4.65	Na	7.43	Tiamina	2.75
Carbohidratos	52.18	P	34.91	Riboflavina	4.24
Fibra	8.61	Ca	44.15	Piridoxina	2.33
Cenizas	13.80	Mg	231.22	Niacina	1.54
Valor calórico (Kcal/100 g)	268.92	Fe	13.58	Vitamina A	3.29

Fuente: Akubugwo *et al.*, (2007).

2.3.3.4 Importancia económica del quelite.

Los quelites que formaron parte de la dieta de los pueblos mesoamericanos continúan siendo consumidos en las zonas rurales, sin embargo, su consumo ha disminuido y, salvo algunas pocas especies, es difícil encontrarlas en los mercados. Si bien se les puede considerar como alimentos de excelencia, se les trata a menudo como “de segunda” debido al lamentable hecho de que no han sido valorados en su justa dimensión ni han sido explotados plenamente debido a la corta visión que los asocia con la pobreza y con un pasado indígena derrotado (Bourges-Rodríguez y Vargas-Guadarrama, 2015); es por eso que la producción ha disminuido drásticamente desde el año 2002 considerablemente hasta el año 2015, actualmente la comunidad científica ha tratado de rescatar en general a las plantas comestibles, para informar a la población, del beneficio que otorgan al consumirlos, al parecer estos esfuerzos están dando



resultados, ya que como se puede observar en la Figura 14, la producción del quelite ha aumentado considerablemente de 781.88 toneladas en 2015 a 3,127.5 mil toneladas en el 2016, sin embargo para el 2017 la superficie destinada a la cosecha de quelite disminuyó de 260 hectáreas en el año 2016 a 185 hectáreas, afectando a la producción de ese año, con 2,288.1 mil toneladas. Sin embargo, las cifras de los dos últimos años son prometedoras para la producción y comercialización del quelite en el país (SIAP, 2017).

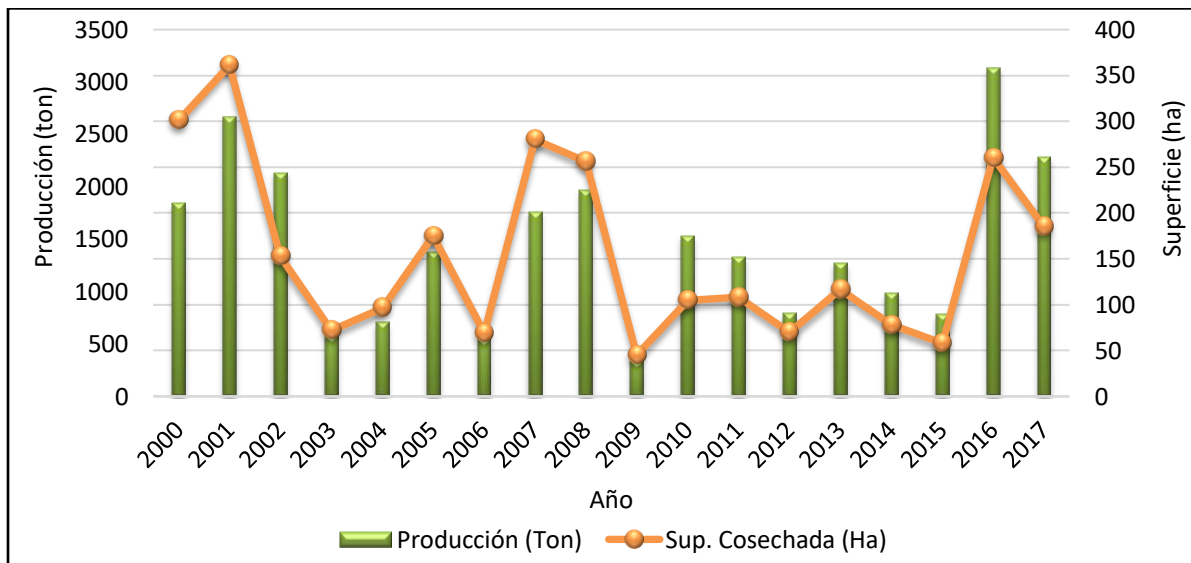


Figura 14. Producción de quelite en México en el periodo de 2000 a 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, (2017).

Como se puede observar en la figura anterior: el total de la producción de quelites en México durante el periodo 2000-2017 ha fluctuado a través de los años, teniendo una tendencia de disminución en más del 55% en el 2012 con respecto al año 2000, lo anterior debido a las variaciones en la superficie destinada para éste cultivo durante el periodo analizado, reportando un rendimiento promedio por hectárea de 9.1 toneladas (SIAP, 2017).

Por otro lado, el quintonil (*Amaranthus hybridus L.*) se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).



En el año 2017 según el informe estadístico del SIAP el estado que registro mayor producción de quelite fue Baja california con 61.38%, Sonora con 37.74% y Puebla con el 0.87% (Figura 15) con una superficie cosechada de 185 hectáreas a lo largo del país con una producción de 2,288.10 mil toneladas de quelite, con un valor aproximado de la producción \$23,725.68 mil pesos mexicanos (SIAP, 2017).

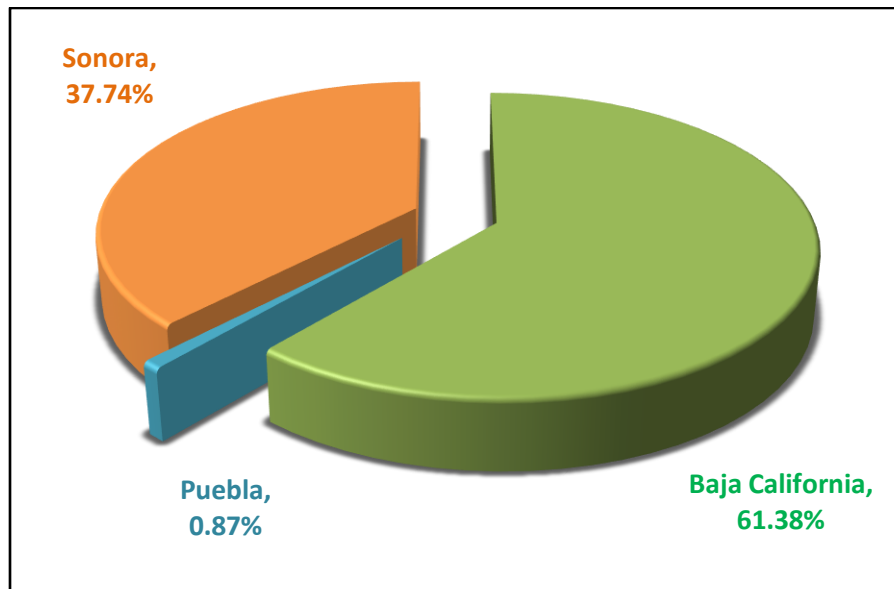


Figura 15. Estados productores de quelite en México en el año 2017.

Fuente: Elaboración propia con información de SIAP, (2017).

2.3.3.5 Productos y usos del quelite.

El estadio de desarrollo de los quelites es importante en la forma de preparación; en el caso de los quintoniles (*Amaranthus* spp.) por ejemplo, cuando se consumen como plántulas se ingieren con el *caldo* o agua de cocción, en cambio, cuando las plantas están maduras y hasta el inicio de la floración, se desecha el agua de cocción, se exprimen, y posteriormente son guisados o sazonados con manteca o aceite, cebolla y jitomate (Basurto-Peña *et al.*, 1998).

Las formas de preparar los quelites son variadas y puede darse la combinación de dos o más de ellas en ciertas especies.

- En crudo, no se hace preparación, las plantas se consumen directamente.
- Hervidos, los quelites se ponen en agua hirviendo por determinado tiempo.
- Fritos, se cocinan en aceite hirviendo o en manteca.



- Al vapor o asados, se cuecen en su propio jugo ya sea sobre un comal o dentro de un recipiente tapado.

Los quelites se combinan con sopas, tacos, quesadillas, pinole o esquites. En algunos platillos constituyen el componente principal, pero también puede ser el condimento que proporciona diferentes sabores y aromas (Basurto-Peña, 2011).

A continuación se presentan algunas fotografías de guisados con quelites:



Figura 16. Guisados típicos con quelites.

Fotos: (A) Cannela, 2014: (B) Padilla, 2019: (C) López-Lozada, 2019: (D) Ramírez-Correa, 2019.



Objetivos

“¿Qué es el honor, comparado con el amor de una mujer? ¿Qué es el deber, comparado con el calor de un hijo recién nacido entre los brazos, o el recuerdo de la sonrisa de un hermano? Aire y palabras.

Solo somos humanos, y los dioses nos hicieron para el amor. Es nuestra mayor gloria y nuestra peor tragedia”.

- Maestre Aemon



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Elaborar una botana mediante una mezcla de harina de maíz-producto hortícola de jícama (*Pachyrhizuz erosus*), chayote (*Virens levis*) y quelite (*Amaranthus hybridus*), seleccionando la formulación de la botana más aceptada en función del porcentaje de materia prima añadida y del proceso de elaboración (horneado y freído), caracterizando sus parámetros químicos, microbiológicos y evaluación sensorial así como saber su vida de anaquel, con la finalidad de incrementar el consumo de estos productos hortícolas.

3.2 Objetivos particulares.

Objetivo particular 1.

Caracterizar las materias primas (jícama, chayote y quelite) mediante propiedades químicas (proteína, humedad, carbohidratos, fibra cruda y cenizas), compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales) para identificar sus componentes nutricionales más importantes.

Objetivo particular 2.

Establecer la formulación de la botana con cada producto hortícola (jícama 30, 40 y 50%; chayote 30, 40 y 50%; quelite 20, 30 y 40%) mediante un análisis sensorial para seleccionar el porcentaje de adición del producto hortícola a la botana.

Objetivo particular 3.

Estudiar el efecto de dos métodos de cocción (horneado y freído) en la botana, mediante pruebas texturales, sensoriales (escala hedónica) y parámetros químicos (fenoles totales, capacidad antioxidante, color, humedad y capacidad de absorción de aceite) y seleccionar el método que conserve sus propiedades de calidad y sea el más aceptado por el consumidor.

Objetivo particular 4.

Evaluar el efecto de la combinación de botanas de productos hortícolas (jícama, chayote y quelite) mediante una prueba triangular que permita identificar si el panelista encuentra diferencias entre las botanas para poner el porcentaje de cada botana en el empaque final.



Objetivo particular 5.

Realizar el estudio de vida de anaquel de dos envases (celofán o metalizado), bajo condiciones aceleradas sometidas a diferentes temperaturas (25, 35 y 45 °C) mediante pruebas texturales (fracturabilidad y dureza), microbiológicas, análisis sensorial (escala hedónica) y de calidad (humedad, color, índice de peróxidos, índice de acidez e índice de Kreiss) para seleccionar el envase con el que se logra la mayor vida útil del producto.

Objetivo particular 6.

Elaborar la etiqueta del producto mediante lo estipulado en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 evaluando el contenido de carbohidratos, ceniza, grasa, proteína y sodio, para generar la información nutricional del producto.



Materiales y métodos.

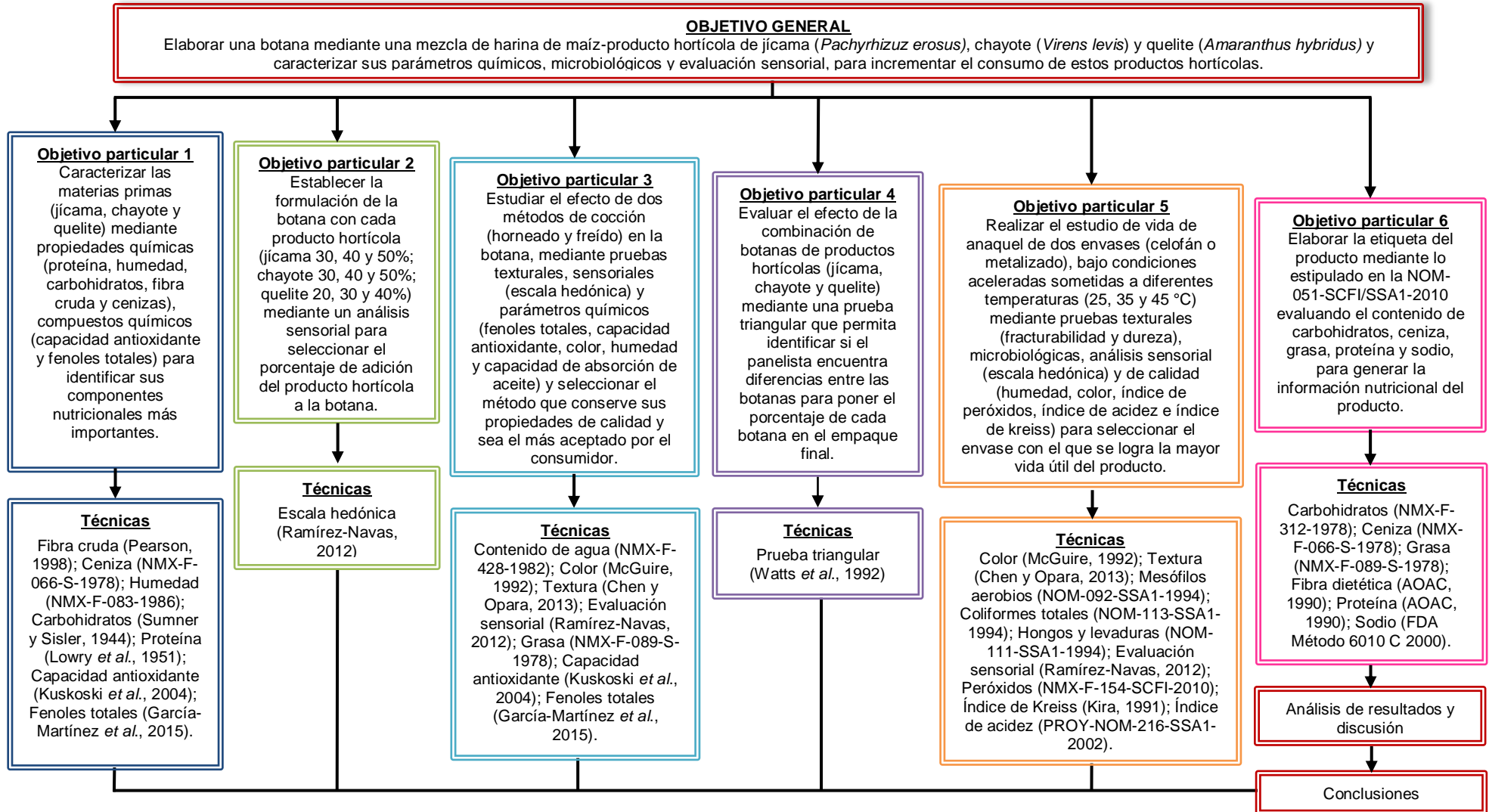
“Nunca olvides lo qué eres, porque desde luego el mundo no lo va olvidar. Conviértelo en tu mejor arma, así nunca será tu punto débil. Úsalo como armadura y nadie podrá utilizarlo para herirte”.

- Tyrion Lannister



4. Materiales y métodos.

4.1 Cuadro metodológico.





4.2 Materias primas empleadas para la botana.

La jícama, el chayote y el quelite fueron adquiridos en la central de abastos de la ciudad de México, la harina de maíz nixtamalizada que se utilizó fue marca Minsa. Antes de utilizar los productos hortícolas, se les aplicó un pretratamiento:

Jícama: El tubérculo, primeramente se lavó para retirar cualquier residuo de materia extraña (tierra principalmente), se retiró la cascara, posteriormente se picó en cuadros, y se almacenó en congelación hasta su utilización.

Chayote. Para el caso del chayote, primeramente se lavó para retirar cualquier materia extraña que pudiera contener con un cepillo de cerdas finas para no dañar el fruto ya que se utilizó el producto con la cascara, al igual que la jícama se guardó en congelación hasta su utilización.

Quelite. Para el quelite, primero se seleccionaron las hojas en buen estado, el tallo y raíz se desecharon. Se pesó el quelite requerido (seco), posteriormente se enjuagaron con agua de la llave para la remoción completa de la tierra, y para desinfectarlo se utilizó ácido peracético al 5% estabilizado, ya que se usa como desinfectante de frutas y hortalizas basado en los trabajos de Wright *et al.*, (2000); se utilizó una dilución 80 ppm (1 mL por litro). Se dejó 5 minutos en inmersión, posteriormente se enjuagó, y se dejó escurrir por 30 minutos para poder utilizarlo.

4.3 Caracterización de los productos hortícolas.

Una vez obtenidos los diferentes productos con los que se trabajó (jícama, chayote y quelite), se procedió a realizar la caracterización química de estos, evaluando el contenido de humedad, grasa, proteínas, cenizas, azúcares, fibra cruda y compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales). Los métodos empleados se describen en el apartado “4.9 Métodos analíticos” y “4.9.1 Composición química de los productos hortícolas”.

4.4 Formulación de la botana elaborada con productos hortícolas.

Para poder realizar las botanas hortícolas, se partió de una formulación de una botana elaborada solo con harina de maíz, y partiendo de esta se fueron cambiando los porcentajes de algunos ingredientes, para añadir los vegetales, dicho diagrama de proceso se presenta a continuación:

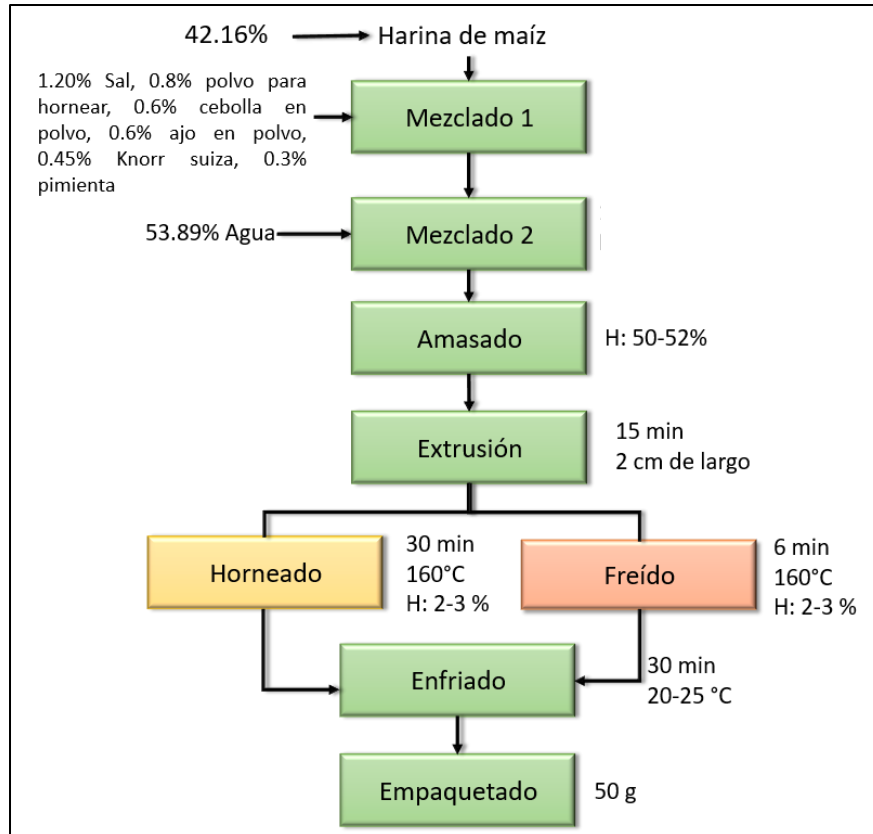


Figura 17. Diagrama de proceso para elaborar la botana de harina de maíz.

Con base a la Figura 17, se elaboraron las formulaciones para la elaboración de las botanas con productos hortícolas, donde se varió principalmente el contenido de harina de maíz empleado y la cantidad de producto hortícola empleado (jícama, chayote y quelite), quedando el diagrama de proceso como se muestra en la Figura 18 y las formulaciones se muestran a continuación en la Tabla siguiente.

Tabla 14. Selección de la formulación de las botanas con cada producto hortícola.

Ingrediente	Botana de jícama		
	%	%	%
Producto hortícola	30	40	50
Harina de maíz	53.93	43.93	33.93
Agua	12.12	12.12	12.12
Botana de chayote			
Producto hortícola	30	40	50
Harina de maíz	53.93	43.93	33.93
Agua	12.12	12.12	12.12



Tabla 14. Selección de la formulación de las botanas con cada producto hortícola. (Continuación).

	Botana de quelite		
Producto hortícola	20	30	40
Harina de maíz	32.49	26.05	20
Agua	43.56	40	36.05
Condimentos	1.2% sal, 0.8% polvo para hornear, 0.6% de cebolla en polvo, 0.6% de ajo en polvo, 0.45% Knorr Suiza en polvo y 0.3% de pimienta en polvo.		

Con base a la Tabla 14, se presenta a continuación el diagrama de proceso para elaborar la botana de jícama con 30% de este tubérculo.

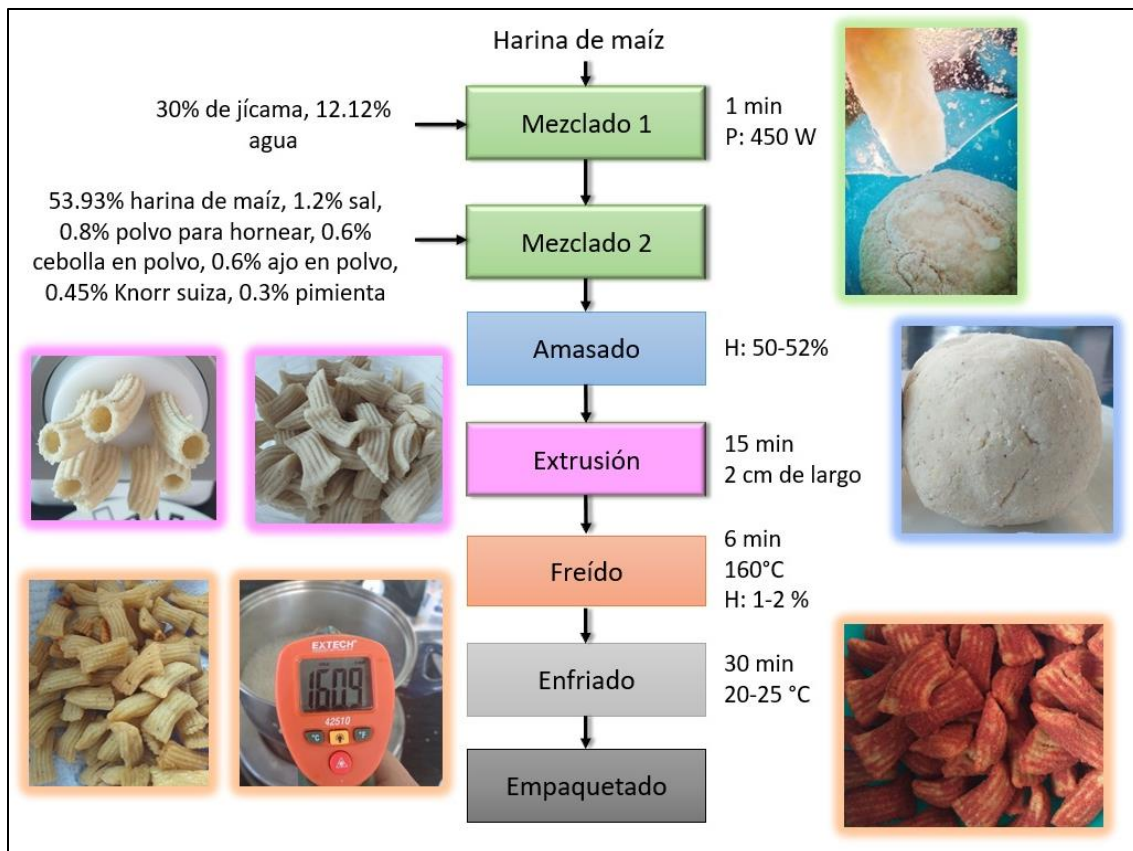


Figura 18. Diagrama de proceso para elaborar la botana frita con 30% de jícama.

Descripción del diagrama de bloques (Figura 18).

Mezclado 1. Para la primer mezcla se realizó una molienda del producto vegetal con la cantidad de agua correspondiente en una licuadora (Orter Mod. M6812-13 de 16 velocidades) por un 1 minuto en la velocidad 16, hasta obtener un puré.



Mezclado 2. En el segundo mezclado se agregaron los ingredientes en polvo (harina de maíz nixtamalizado, sal, polvo para hornear, ajo, cebolla, pimienta, sazónador Knorr suiza) y fueron colocados en un recipiente, los cuales fueron mezclados hasta quedar homogéneos y posteriormente se añadió la mezcla obtenida en el mezclado 1.

Amasado. Una vez incorporado el puré correspondiente a los sólidos secos, se procedió a un amasado manual, para posteriormente ser colocada en la tolva del extrusor, hasta la completa incorporación de los ingredientes, en cada lote se controló la humedad final de la masa de 50-52%.

Extrusión. Para la elaboración de la botana se utilizó un extrusor Philips Hr2355/08 con el disco de moldeado penne. La masa que se obtuvo del amasado manual fue colocada en la tolva del equipo, con un tiempo de residencia de 15 min. Las botanas se cortaron de aprox. 2 cm de largo.

Freído. En este paso se procedió a realizar la cocción de las botanas, para el establecimiento de la formulación se empleó el freído (Figura 19), utilizando una relación de aceite de 1:6 (Jacobson, 1991).

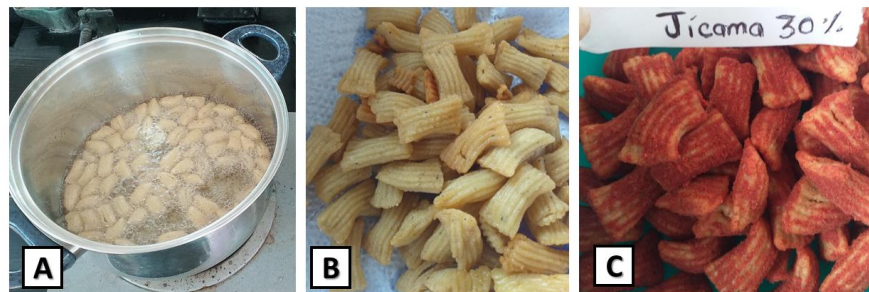


Figura 19. Freído de la botana (A), retirado del exceso de aceite (B) y botanas con el adobo en polvo (C).

Se siguió la misma metodología para las demás formulaciones.

Por otro lado, una vez que se tuvieron las 9 formulaciones de cada botana frita de maíz enriquecida con cada producto hortícola, se procedió a realizar una evaluación sensorial (la boleta se muestra en la Figura 20) para seleccionar el porcentaje más aceptado por el consumidor de jícama, chayote y quelite. Se realizó una evaluación sensorial a 210 personas completamente al azar (70 personas evaluaron las botanas de jícama, 70 personas evaluaron las de chayote y 70 personas evaluaron las botanas las de quelite) en la FESC Cuautitlán, Campo 1.



Edad: _____ Genero: _____ Fecha: _____

A continuación se presenta ante usted tres muestras de botana frita de _____. Pruebe por favor las muestras e indique su nivel de agrado marcado el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.

9 = Me gusta muchísimo	6 = Me gusta ligeramente	3 = Me disgusta bastante
8 = Me gusta mucho	5 = Ni me gusta, ni me disgusta	2 = Me disgusta mucho
7 = Me gusta bastante	4 = Me disgusta ligeramente	1 = Me disgusta muchísimo

Código de la muestra	Color	Olor	Textura	Sabor	Aceptabilidad en general

Figura 20. Boleta de evaluación sensorial para seleccionar la formulación de la botana de jícama, chayote y quelite.

Para esta prueba se utilizó una escala categorizada de 9 puntos, la cual puede tener diferente número de categoría y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo” (Ramírez-Navas, 2012).

4.5 Selección del método de cocción.

En la prueba sensorial descrita anteriormente (selección de la formulación) se elaboraron únicamente botanas fritas, de allí se seleccionó la formulación más aceptada por los consumidores con la cual se elaboraron las botanas horneadas (Figura 21).

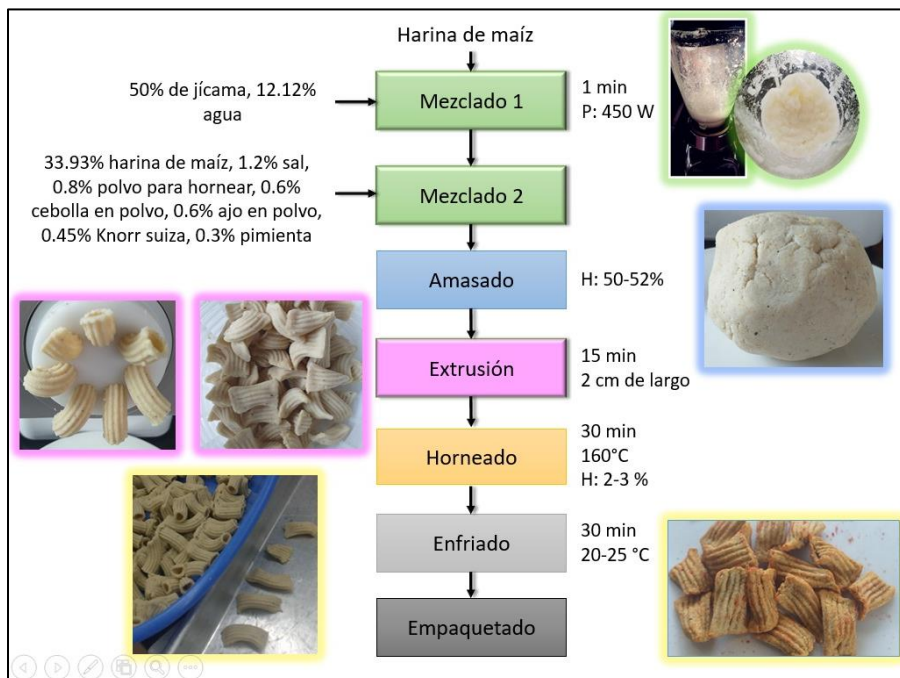


Figura 21. Diagrama de proceso para elaborar la botana horneada con 50% de jícama.

Para la botana horneada se utilizó un horno de uso general con convección mecánica HND-E136 Luzeren.



Después de realizada la cocción de las botanas por los dos métodos se procedió a evaluar sensorialmente ambos. Dicha evaluación se realizó a 140 personas completamente al azar (70 personas evaluaron las botanas horneadas y 70 personas evaluaron las botanas fritas) en la FESC Cuautitlán, Campo 1. En la Figura 22 se presenta la boleta de evaluación sensorial que se aplicó para evaluar las botanas horneadas y fritas de jícama, chayote y quelite.

Boleta de evaluación sensorial "Botana de jícama, chayote y quelite".																
Edad: _____			Género: _____			Fecha: _____										
Pruebe por favor las muestras, e indique su nivel de agrado (marcado con el código de cada muestra) en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.																
Puntuación	Atributo	Color			Olor			Sabor			Textura			Aceptabilidad general		
		A71	A11	A59	A71	A11	A59	A71	A11	A59	A71	A11	A59	A71	A11	A59
		A18	A82	A23	A18	A82	A23	A18	A82	A23	A18	A82	A23	A18	A82	A23
9	Me gusta muchísimo															
8	Me gusta mucho															
7	Me gusta moderadamente															
6	Me gusta poco															
5	No me gusta ni me disgusta															
4	Me disgusta poco															
3	Me disgusta moderadamente															
2	Me disgusta mucho															
1	Me disgusta muchísimo															

Figura 22. Boleta de evaluación sensorial para evaluar el método de cocción.

Una vez obtenidos las botanas por ambos métodos de cocción, se procedió a realizar la caracterización química de algunos compuestos químicos: los métodos empleados se describen en el apartado “4.9.2 Compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales)” y “4.9.3 Pruebas de calidad para ver el efecto de dos métodos de cocción”.

4.6 Selección del porcentaje de las diferentes botanas en el empaque.

Para evaluar el efecto de la combinación de las botanas fritas de productos hortícolas, fue necesario hacer una prueba sensorial al consumidor, para saber si diferencia la botana de jícama, con respecto a la de chayote y quelite; se realizó una prueba discriminativa triangular, la cual consistió en presentar al juez dos muestras iguales y una diferente, con el objetivo de que sea reconocida justamente cual es la muestra diferente. Es una prueba muy sencilla, fácil de realizar y brinda objetividad en los resultados (Watts *et al.*, 1992).



En la Figura 23 se presenta la boleta de evaluación sensorial aplicada a 70 catadores completamente al azar en la FESC Cuautitlán, Campo 1 para las botanas fritas de jícama, chayote y quelite. Se presentó ante el juez tres diferentes evaluaciones sensoriales:

- La evaluación A: presentaba dos botanas de jícama y una de chayote.
- La evaluación B: presentaba dos botanas de chayote y una de jícama.
- La evaluación C: presentaba dos botanas de chayote y una de quelite.

Boleta de evaluación sensorial.		
"Prueba triangular de una botana".		
Edad: _____ Género: _____ Fecha: _____		
Indicaciones: Frente a usted hay tres muestras de una botana, dos son iguales y una diferente, pruebe las muestras con cuidado, y marque únicamente con una X la muestra diferente.		
A	Muestras	Muestra diferente
	7020	
	1013	
	302	
B	Muestras	Muestra diferente
	921	
	2604	
	4513	
C	Muestras	Muestra diferente
	4773	
	3022	
	1317	

Figura 23. Boleta de evaluación sensorial (prueba triangular), para las botanas fritas.

4.7 Evaluación de la vida útil de la botana.

En los estudios de vida útil acelerados, se incubó el alimento bajo condiciones controladas a diferentes temperaturas, la botana se sometió a tres temperaturas de estudio (25, 35 y 45°C). Las muestras fueron del mismo lote, fueron empaquetadas en dos tipos de envase: bolsa de celofán y bolsa metalizada, el estudio se realizó durante 35 días y se evaluaron cada 7 días parámetros de calidad (color, humedad, textura, índice de peróxidos, índice de Kreiss, índice de acidez), microbiológicos (coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras) y sensoriales (color, olor, sabor y textura)



la descripción de la metodología se describe en el apartado “4.9 Métodos analíticos”, “4.9.4 Pruebas a vida útil de la botana”. Para el cálculo del tiempo de la vida útil se utilizó la secuencia de cálculo de García-Baldizón *et al.*, (2011).

Las bolsas metalizadas fueron de la marca Sellatodomx, modelo met10x15, 10 cm de altura por 15 cm de largo, calibre 350, elaboradas de poliéster metalizado (Polietileno). Las bolsas de celofán fueron comerciales, no especifica marca, de 10x15 cm.

4.7.1 Cinética de deterioro de los atributos de la botana.

Se llevó a cabo la cinética de degradación o deterioro de los atributos (datos crudos) de la botana en función del tiempo graficando en el eje “y” el tiempo en días y en el eje “x” el parámetro evaluado, estas graficas se realizaron para cada parámetro a cada temperatura de estudio. Una de las particularidades de los cambios en los atributos de los alimentos, como el color, textura, sabor, es que responden a modelos cinéticos de orden cero o de primer orden (García-Baldizón *et al.*, 2011). Para las reacciones de orden cero (velocidad de reacción constante) se utilizó la ecuación (a) y para las reacciones de orden uno (velocidad de reacción dependiente de la concentración) se empleó la ecuación (b).

$$\frac{dA}{dt} = -k \dots (a)$$

$$\frac{dA}{dt} = -kA \dots (b)$$

Integrando las ecuaciones anteriores y reacomodando, se tiene la ecuación de una línea recta con pendiente k; siendo k la constante específica de reacción y cuyo valor depende de la temperatura, donde A_0 es la intersección con el eje Y.

$$A_f = A_0 - kt \dots (a')$$

$$\ln A = \ln A_0 - kt \dots (b')$$

Una vez elaboradas las gráficas con los datos crudos, se evaluaron los coeficientes de correlación (R^2) obtenidos para cada parámetro que fueran más cercanos a 1; siendo la pendiente de ésta la constante de velocidad de reacción (k) del atributo para cada temperatura.

$$\text{Ordenada al origen} \quad \text{Tiempo de vida útil [1/T]}$$

$$\text{Vector} = \underbrace{b}_{\text{Datos crudos o [A]}} - \underbrace{m}_{k \text{ o } [-Ea/R]} \cdot \underbrace{t}_{\text{Tiempo de vida útil [1/T]}} \dots (c)$$



Lo anterior obedece al modelo de Arrhenius, el cual describe la relación de la constante de velocidad de reacción con la temperatura según la ecuación (d).

$$k = Ae^{(-E_a/RT)} \dots (d)$$

Al aplicar logaritmos a ambos lados de la ecuación (d) se obtiene la ecuación de una línea recta donde m es $-E_a/R$, x es $1/T$ y b es el $\ln A$, tal como expresa la ecuación (e); el término E_a puede evaluarse para conocer el valor de la energía de activación.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \dots (e)$$

Para determinar el término E_a (J/mol) se despeja el término de la ecuación de la pendiente para obtener el valor de la energía de activación, ecuación (f) donde R es la constante de los gases (8.31 J/mol.K).

$$E_a = m \times R \dots (f)$$

Para obtener la vida útil en días se despeja t de la ecuación (c) quedando la ecuación (g) donde [A] es el vector, es decir un valor de referencia (límite máximo) del parámetro que se está evaluando o el valor del dato crudo obtenido en el día máximo de la vida acelerada.

$$t_{\text{vida}} = \frac{[A] - b}{-m} \dots (g)$$

Luego se graficó el logaritmo de la vida útil a las temperaturas del estudio en grados centígrados, con la ecuación de la recta obtenida del grafico se puede estimar la vida útil del producto para diferentes temperaturas de almacenamiento (h).

$$\text{Log vida útil} = b - m \cdot T \dots (h)$$

Y despejando la ecuación (h) se obtiene la ecuación (i) donde T está en °C.

$$\text{Vida útil} = 10^{(b-m \cdot T)} \dots (i)$$

Con los datos obtenidos de vida útil se obtiene el valor del Q_{10} experimental ecuación (j), la cual describe la influencia de la temperatura sobre la aceleración de la reacción de deterioro del producto.

$$Q_{10} = \frac{\emptyset S(T)}{Q_S(T \pm 10)} \dots (j)$$



Donde Q_{10} es el factor de aceleración (adimensional) y ϕ_s es el tiempo de vida útil a una temperatura determinada (Róndon *et al.*, 2004).

4.8 Elaboración de la etiqueta.

En esta experimentación se propone una etiqueta para el producto final, la cual se elaboró siguiendo lo estipulado en la “NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria”; la declaración nutrimental frontal se elaboró con base al “Manual de etiquetado frontal nutrimental”, el cual declara que es obligatorio señalar: Grasa saturada, otras grasa, azúcares totales, sodio y energía, los valores de referencia por nutrimento y energía se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Valores de referencia por nutrimento y energía para declaración nutrimental.

Nutrimento	Valor de referencia
Grasa saturada	200 calorías
Otras grasas	400 calorías
Azúcares totales	360 calorías
Sodio	2000 mg

Para realizar el cálculo correspondiente a “energía” y “energía por envase” se consideró la suma del aporte energético de los nutrimentos mostrados en la Tabla 16.

Tabla 16. Valores de referencia para el cálculo de Energía.

Nutrimentos	Kcal/g	Se multiplica el valor en gramos por el valor calórico indicado para cada nutrimento
Proteínas	4	Gramos x 4 = valor expresado en kcal
Grasas totales	9	Gramos x 9 = valor expresado en kcal
Carbohidratos disponibles	4	Gramos x 4 = valor expresado en kcal

El contenido se debe expresar en kilocalorías abreviado con “kcal”.

En el apéndice normativo a de la NOM-086-SSA1-1994 se menciona que una porción de botanas (palomitas de maíz, pretzels, botanas extruidas, papas fritas) es de 25 g.



4.9 Métodos Analíticos.

4.9.1 Composición química de los productos hortícolas.

4.9.1.1 Humedad por estufa.

La humedad se determinó por el método de secado en estufa (NMX-F-083-1986), el cual se basa en la pérdida de peso debido a la evaporación del agua bajo condiciones establecidas. Se pesó una cantidad de muestra conveniente en la cápsula previamente tarada; se colocó la cápsula en la estufa y mantuvo la temperatura adecuada al producto, durante el tiempo que fue conveniente. Para poder pesar la capsula, se colocó en un desecador y se dejó enfriar a la temperatura ambiente, para finalmente pesar. Se repitió el procedimiento indicado hasta obtener peso constante de la capsula. Los resultados se reportan en porcentaje de humedad.

4.9.1.2 Proteínas por Lowry.

La determinación de proteínas se hizo con el método de Lowry con la técnica de Folin-Ciocalteu, el cual se basa en la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu por la oxidación de tirosina, triptofano, cisterna, cistina de las cadenas polipeptídicas. El proceso de oxido-reducción se acompaña de la formación de un color azul característico (Lowry *et al.*, 1951).

Para la realización de la técnica fue necesario extraer las proteínas presentes en la muestras. Ayudados de buffer fosfatos a pH 7.5 para obtener el extracto se centrifugó (centrifuga digital Daigger, 4350) a 3000 rpm por 30 minutos. Se recuperó el sobrenadante en donde se mezcló con la solución de Folin Cicalteau para la generación del color azul. La cuantificación se realizó con ayuda de una curva estándar usando albumina como solución estándar. Las muestras y la curva se leyeron en un espectrofotómetro (Velab con rango UV-visible, VE-5100UV) a 750 nm. Los resultados se reportan en porcentaje de proteínas.

4.9.1.3 Fibra cruda por Kennedy-Wendy.

La determinación de fibra cruda se hizo por el método de Kennedy–Wendy el cual se basa una hidrólisis ácida con (ácido sulfúrico en ebullición) H_2SO_4 0.255 N para la extracción de azúcares y almidón, seguida de la hidrólisis alcalina con NaOH 0.313 N, el cual elimina las proteínas y parte de la hemicelulosa y de la lignina, para posteriormente



calcinar el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente. Los resultados se reportan en porcentaje de fibra cruda (Pearson, 1998).

4.9.1.4 Azúcares reductores por DNS.

El contenido de carbohidratos se determinó por el método de DNS. Sumner y colaboradores desarrollaron un método utilizando el ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) para calcular la concentración de azúcares reductores en distintos materiales. El procedimiento se basa en una reacción redox que ocurre entre el DNS y los azúcares reductores presentes en la muestra (Sumner y Sisler, 1944).

Para la determinación de azúcares se realizó una extracción de los mismos que contenían los productos hortícolas, en cuanto a la cuantificación se realizó una curva estándar empleando sacarosa a una concentración de 250 mg/50 mL, la cual se leyó a 575 nm en un espectrofotómetro (Velab con rango UV-visible, VE-5100 UV). Los resultados se reportan en porcentaje.

4.9.1.5 Cenizas por incineración directa.

La determinación de cenizas se realizó por el método de incineración directa establecida por la NMX-F-066-S-1978, donde se incinero la materia orgánica a 550°C. Esta técnica fundamenta que las cenizas son los residuos inorgánicos de los alimentos que permanecen en la muestra posterior a la ignición u oxidación completa de la materia orgánica. Los resultados se expresan en porcentaje de ceniza (NMX-F-066-S-1978).

4.9.1.6 Cálculo de carbohidratos por diferencia de componentes.

Se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentajes calculados para nutriente (%humedad, %proteína, %fibra, %ceniza y %lípidos).

4.9.2 Compuestos químicos (capacidad antioxidante y fenoles totales).

4.9.2.1 Preparación del extracto para determinar capacidad antioxidante y fenoles totales.

Para determinar la capacidad antioxidante y los fenoles totales en los productos hortícolas, primero se elaboraron los extractos: se maceraron 5 gramos de muestra en un mortero por triplicado (jícama, chayote y quelite). En un tubo eppendorf para centrifuga se pesó 0.25 g de muestra, se añadió 1 mL de metanol al 80%. Se agito en el



vortex por aproximadamente 1 min, se centrifugó (centrifuga digital Daigger, 4350) a 10000 rpm durante 15 min. Después se recuperó el sobrenadante y se añadió a un nuevo microtubo eppendorf para centrifuga, y se añadió a la muestra 500 μ L de metanol al 100%, se centrifugo a las mismas condiciones. Finalmente se recuperó el sobrenadante y se transfirió al micro tubo que contenía el sobrenadante obtenido de la primera centrifugación. Se ajustó el volumen a 2 mL con metanol al 100%. Se protegió de la luz el micro tubo con el extracto y se mantuvo a -20°C , hasta su uso.

4.9.2.2 Capacidad antioxidante de los productos hortícolas.

La capacidad antioxidante se determinó por el método de ABTS el cual es un compuesto cromógeno, con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidofílica y lipofílica, teniendo como ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico. El método se basa en su capacidad para captar radicales libres, en el ensayo del ABTS, es oxidado por radicales de peróxido u otros oxidantes a su radical catiónico ABTS⁺ que produce una coloración intensa (Fogliano *et al.*, 1999; Prior *et al.*, 2005; Kuskoski *et al.*, 2004).

Para la determinación se empleó Trolox como estándar a una concentración de 4mM, las lecturas se realizaron a 734 nm en un espectrofotómetro (Velab con rango UV-visible, VE-5100 UV) y se reportan los resultados de la capacidad antioxidante en μ moles equivalentes a trolox/g fruto fresco.

4.9.2.3 Fenoles totales de los productos hortícolas.

El contenido de fenoles totales se determinó por el método Folin-Ciocalteu se empleó para evaluar los grupos fenólicos presentes en cada uno de los extractos obtenidos a partir de los tres productos hortícolas estudiados. Este método se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes; el reactivo Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungstato sódico, que reaccionan con cualquier tipo de fenol formando complejos fosfotungstomolibdico, dando una coloración azul, esto se debe a la reducción del ácido, por compuestos fenólicos en solución alcalina (Fogliano *et al.*, 1999; García-Martínez *et al.*, 2015).

Para la cuantificación se utilizó solución patrón de ácido gálico 0.1 mg/mL, realizando la lectura a 765 nm en un espectrofotómetro (Velab con rango UV-visible, VE-5100 UV).



El contenido de FT fue expresado en mg de ácido gálico/g de peso de la muestra.

4.9.3 Pruebas de calidad para ver el efecto de los dos métodos de cocción.

4.9.3.1 Extracto etéreo.

Esta técnica se fundamenta en que una cantidad de alimento previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento, se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet (NMX-F-089-S-1978); AOAC, 1990).

Las botanas se sometieron a un proceso de extracción química en un equipo Soxhelt empleando como solvente puro derivado del petróleo (hexano). Se utilizaron 2 g de muestra por triplicado de cada botana como indica la NMX-F-089-S-1978, la cual se macero en un mortero y se colocó en un cartucho (dedal); posteriormente se colocó el cartucho dentro del extractor Soxhelt. A los matracas bola se les colocó 200 mL del solvente para la extracción y se sometieron a calentamiento con una parrilla eléctrica, como se puede observar en la Figura 24. Se colocó el refrigerante y se le hizo circular el agua helada. Cada extracción se realizó por 6 horas y fue controlada tal que el goteo del solvente fuera constante asegurando un número igual de ciclos de extracción para cada solvente. Los resultados se reportan en porcentaje de grasa. Este método se empleó para la determinación de capacidad de absorción de aceite de la botana.



Figura 24. Extracción del extracto etéreo de las botanas.

4.9.3.2 Humedad por termobalanza.

El secado rápido por termobalanza consiste en utilizar un equipo que consta de una balanza de precisión y una lámpara infrarroja, como fuente de calor en un ambiente



controlado y directo. Este método se basa en evaporar de manera continua la humedad de la muestra y el registro continuo de la pérdida de peso, hasta que la muestra se sitúe a peso constante (Cárdenas-Moreno, 2013; NMX-F-428-1982).

4.9.3.3 Colorimetría.

El color de las botanas se registraron con un colorímetro MINOLTA, CR300 (Figura 25) por el sistema Hunter Lab que representa la cromaticidad en coordenadas rectangulares donde L^* indica la luminosidad o reflectancia, los valores de a^* representan la gama del color desde el color verde para valores negativos y para valores positivos el color rojo, los valores de b^* representan la gama del color azul para valores negativos y el amarillo para valores positivos, a^* y b^* son las coordenadas de la cromaticidad (Croma), y éstas son utilizadas para evaluar el tono al calcular el ángulo Hue el cual va de valores de 0=rojo-púrpura, 90=amarillo, 180=azul-verde y 270=azul (McGuire, 1992).

Una vez que se obtuvieron los valores de L^* , a^* y b^* , se calculó lo siguiente:

- A. La tonalidad del ángulo Hue ($^{\circ}$ Hue) se calcula con los valores a y b

$$H = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

- B. El croma que indica la intensidad o saturación de color, se calcula mediante la ecuación:

$$c = (a^2 + b^2)^{1/2}$$



Figura 25. Colorímetro Minolta CR300.

4.9.3.4 Análisis de perfil de textura.

La prueba de TPA (análisis de perfil de textura) se basa en la imitación de la masticación con un ciclo de doble de compresión generalmente se usa para productos alimenticios



sólidos duros y crujientes con comportamiento de fractura frágil lo cual está estrechamente relacionado con sus atributos de textura (Chen y Opara, 2013).

El equipo que se usó fue un Texturómetro (Brookfield CT3-25 Kg), el paquete de software instalado que se utilizó fue: TexturePro CT TV.8 Buid 31.

El Test de compresión (con el accesorio TA-MTP, dispositivo cilíndrico) fue el que se utilizó. La punta, dispositivo o sensor fue indicado que comprimiera al alimento a cierta distancia (3 mm) a una velocidad establecida (1.50 mm/s). Todas las especificaciones del modelo CT3 se muestran en la Tabla 17.

Tabla 17. Especificaciones del texturómetro modelo CT3.

Velocidad:		Posición	
Rango	0.01-0.1mm/s (incrementos 0.01mm/s)	Rango	0-101.6 mm
	0.1 - 10mm/s (incrementos 0.1mm/s)	Resolución	0.1 mm*
Exactitud	± 0.1% velocidad fijada	Exactitud	0.1 mm
mm = milímetros s = segundos			
*Resolución 0.01 mm cuando se usa el Software TexturePro CT			

Fuente: Brookfield, 2018

La prueba se inició cuando la punta del sensor detectó la superficie de la muestra y este fue el punto inicial de referencia, como se muestra en la Figura 26, una vez iniciada la prueba, el equipo comenzó a descender, encontrándose en contacto con la muestra hasta ejercer la fuerza suficiente para ocasionar fractura y rompimiento. Al llegar a este punto automáticamente se finalizó la prueba y se generó un registro de datos de dureza y fracturabilidad.



Figura 26. Análisis de perfil de textura a la botana.



4.9.4 Pruebas a vida útil de la botana.

4.9.4.1 Análisis microbiológico.

Para el estudio de vida útil fue necesario evaluar la presencia de microorganismos (moos), el conteo de moos se realizó basados en las siguientes normas:

Determinación de Coliformes Totales. El grupo de los microorganismos coliformes es el más ampliamente encontrado en microbiología de los alimentos como indicador de prácticas higiénicas inadecuadas. Se utilizó el medio selectivo de agar rojo violeta bilis marca BD Bioxon para determinar la presencia de coliformes, bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos que a 35°C por un lapso de 24 horas fermentan formando ácido, ocasionando en las colonias desarrolladas el vire del indicador rojo presente en el medio y la precipitación de las sales biliares. Se contaron las colonias y se calculó el número de coliformes por g del producto, multiplicando el número de colonias por el inverso de la dilución correspondiente. Si en las placas no hay colonias características, reportar el como: menos de un coliforme por 1/d por gramo, donde “d” es el factor de dilución (NOM-113-SSA1-1994).

Determinación de Mesófilos aerobios. Cuando se requiere investigar el contenido de microorganismos viables en un alimento, la técnica comúnmente utilizada es la cuenta en placa; Esta técnica no pretende detectar a todos los microorganismos presentes, pero el medio de cultivo agar nutritivo marca BD Bioxon, las condiciones de temperatura y la presencia de oxígeno, permiten seleccionar grupos de bacterias cuya presencia es importante en diferentes alimentos; las bacterias mesófilos aerobios son un indicador general de la población que pueden estar presente en una muestra y, por lo tanto, de la higiene con que ha sido manejado el producto. Según la norma los mesofílicos aerobios deben incubarse a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ 48 ± 2 h. Para la lectura de las cajas seleccionar aquellas placas donde aparezcan entre 25 a 250 UFC, para disminuir el error en la cuenta y contar todas las colonias desarrolladas en las placas seleccionadas. Calcular la cuenta promedio por gramo de dicha dilución y reportar: __UFC/g o mL, de bacterias aerobias en placa en agar, incubadas __horas a __°C (NOM-092-SSA1-1994).

Determinación de Mohos y Levaduras. Los hongos y levaduras son microorganismos que tienen interés como causa de alteración y es de gran importancia cuantificarlos en



los alimentos, puesto que al establecer la cuenta de estos microorganismos, permite su utilización como un indicador de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento de los productos, así como el uso de materia prima inadecuada. Contar las colonias de hongos incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ a los 3, 4 y/o 5 días, solo considerar las cuentas de placas con 10 a 150 colonias ya que son las adecuadas para un informe. Multiplicar por la inversa de la dilución e informar “Unidades formadoras de colonias por gramo o mililitro (UFC/g o ml) de mohos y/o levaduras en agar papa - dextrosa acidificado marca BD Bioxon, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 a 5 días” (NOM-111-SSA1-1994).

4.9.4.2 Peróxidos.

Este indica el estado de oxidación inicial del aceite en miliequivalentes de oxígeno activo por kilo de grasa, permitiendo detectar la oxidación antes de que se note organolépticamente (Bernal de Ramírez, 1993). Según la NMX-F-154-SCFI-2010 este método se basa en la determinación en la solución de prueba de la cantidad de peróxidos contenidos por medio de una titulación y define que el índice de peróxido indica los miliequivalentes de oxígeno en forma de peróxido por kilogramo de grasa o aceite.

Para la cuantificación se utilizó ácido acético-cloroformo con solución saturada de yoduro de potasio y solución indicadora de almidón, la cual tiñe de un color azul, la solución se tituló con solución 0.1 N de tiosulfato de sodio. Los resultados se expresan en miliequivalentes de peróxido por Kg de muestra.

4.9.4.3 Índice de acidez.

Según la PROY-NOM-216-SSA1-2002 este método se basa en la determinación de los ácidos grasos libres presentes en la muestra, por medio de su valoración con una solución estandarizada de NaOH 0.1 N, utilizando solución indicadora de fenolftaleína al 1% en etanol. Los resultados se expresan en porcentaje de grado de acidez como % de Ácidos Grasos Libres expresados como ácido oleico ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$).

4.9.4.4 Índice de Kreiss.

El índice de Kreiss, determina la rancidez, el grado de descomposición común de las grasas, el cual se debe al ataque del oxígeno a los centros no saturados. Está basado en la producción de color rojo debido a la reacción extremadamente sensible entre la floroglucina y un compuesto presente en las grasas o aceites rancios: el aldehído



epidrílico (derivado de la oxidación del ácido linoleico). Si no se obtiene el color: indica que no hay rancidez (Kira, 1991).

Para la cuantificación se utilizó 1 mL de ácido tricloroacético al 30% en ácido acético glacial con 0.25 mL de disolución de floroglucina al 1%, la cual se calentó a 45°C por 15 min, se añadieron 0.8 mL de alcohol etílico. Se realizó la lectura a 545 nm en un espectrofotómetro (Velab con rango UV-visible, VE-5100 UV) (Figura 27). El índice de Kreiss se calculó como la absorbancia a 545 nm/g de grasa.

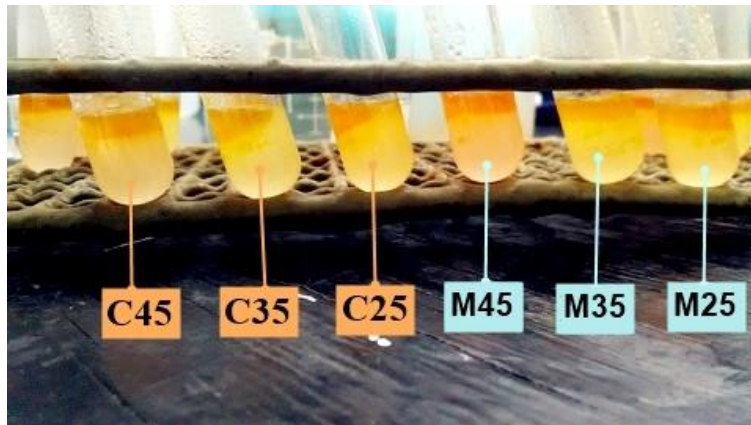


Figura 27. Índice de Kreiss, semana 5.

Dónde: C45 (celofán a 45°C), C35 (celofán a 35°C), C25 (celofán a 25°C); M45 (Metalizado 45°C), M35 (Metalizado 35°C) y M25 (Metalizado 25°C).

4.9.4.5 Evaluación sensorial.

Debido a que los panelistas no encontraron diferencias entre la botana de jícama y la botana de chayote (fritas), se decidió hacer la evaluación sensorial únicamente con la botana de quelite. En la Tabla 16 se muestran los códigos empleados en esta evaluación sensorial, por separado se le daba (a los catadores) a probar las tres muestras de botanas almacenadas en envase de celofán y metalizado a las diferentes temperaturas de estudio para evaluar las características organolépticas (color, olor, textura, sabor y aceptabilidad en general).

Tabla 18. Códigos empleados para la evaluación sensorial de las botanas de quelite en diferentes envases (celofán y metalizado).

Tipo de bolsa	Código	Condición	Tipo de bolsa	Código	Condición
Celofán.	1032	25°C	Metalizada	2302	25°C
	3054	35°C		3614	35°C
	5784	45°C		8420	45°C



La boleta de evaluación sensorial aplicada se muestra en la Figura 28. La escala hedónica empleada es de 9 puntos, pasando desde el 1 (Me disgusta muchísimo), 5 (Ni me gusta, ni me disgusta) a 9 (Me gusta muchísimo) (Ramírez-Navas, 2012).

Edad: _____		Genero: _____		Fecha: _____	
A continuación se presenta ante usted tres muestras de botana de quelite; Pruebe por favor las muestras e indique su nivel de agrado marcando el punto en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos.					
9 = Me gusta muchísimo	6 = Me gusta ligeramente	3 = Me disgusta bastante			
8 = Me gusta mucho	5 = Ni me gusta, ni me disgusta	2 = Me disgusta mucho			
7 = Me gusta bastante	4 = Me disgusta ligeramente	1 = Me disgusta muchísimo			
Muestra (código)	Color	Olor	Textura	Sabor	Aceptabilidad en general

Figura 28. Boleta de evaluación sensorial para seleccionar el envase.

Se utilizaron 10 catadores (constantes) para esta prueba sensorial (Figura 29), durante 6 semanas evaluaron el producto sensorialmente.



Figura 29. Evaluación sensorial de la botana de quelite, para vida de anaquel.

4.9.5 Composición química del producto terminado.

4.9.5.1 Azúcares reductores.

Según la NMX-F-312-1978 el método de Lane-Eynon es volumétrico el cual se basa en la determinación del volumen de una disolución de la muestra, que se requiere para reducir completamente un volumen conocido del reactivo alcalino de cobre. El punto final se determina por el uso de un indicador interno, azul de metileno, el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcar reductor. Se realizó una titulación A-B con solución patrón de sacarosa diluida, hasta la reducción del cobre; luego se añadió al



matraz azul de metileno y se continuó la titulación hasta la desaparición del color azul (Figura 30).



Figura 30. Titulación A-B, método de Lane-Eynon.

Para evaluar los azúcares reductores directos, se utilizó solución de $Zn(O_2CCH_3)_2$ y $K_4Fe(CN)_6$ y se hizo la titulación A-B usando el filtrado obtenido en lugar de la solución patrón de sacarosa, por otro lado los azúcares reductores totales, se evaluaron con HCl y como indicador se usó fenolftaleína y se neutralizó con perlas de NaOH, luego se aforó a 100 mL y se colocó en una bureta para hacer nuevamente la titulación A-B.

4.9.5.2 Fibra dietética.

La cantidad de fibra dietética presente se determinó siguiendo el método enzimático - gravimétrico establecido por la AOAC (1990) número del método 991.43; en el que muestras en duplicado de alimentos secos y desgrasados son gelatinizados con α -amilasa térmicamente estable y luego digerida enzimáticamente con proteasa y amiloglicosidasa para remover la proteína y el almidón. La fibra dietética soluble es precipitada por la adición de etanol, el residuo total se filtra, se lava, se seca y se pesa. En el residuo en duplicado se termina proteína, y en el otro cenizas.

4.9.5.3 Proteína.

La determinación se llevó a cabo por el método de Micro-Kjeldahl establecido por la AOAC, número de método 978.04. El cual se basa en la descomposición de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, teniendo como resultado la formación de sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio libera amoníaco, el que se destila recibiendo en: ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo y ácido bórico



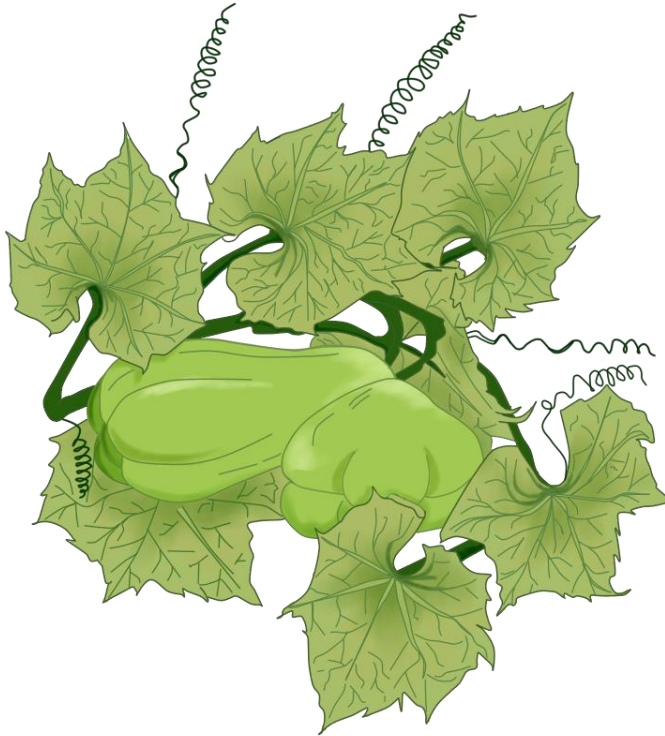
formándose borato de amonio el que se valora con HCl (AOAC, 1990). Los resultados se expresan en porcentaje.

4.9.5.4 Sodio.

La cuantificación de sodio se determinó por el método 6010 C 2000 de la FDA Microwave digestión, este parámetro fue evaluado en la empresa “Bufete Químico S.A. de C.V.” los resultados se reportan en mg.

4.10 Tratamiento estadístico.

El tratamiento de resultados se llevó a cabo con un análisis de varianza (ANOVA de un factor) y comparación de medias, mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan) aplicando un nivel de significancia del $p \leq 0.05\%$, para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos en un software estadístico IBM® SPSS Statistics® versión 25.



Resultados y discusión.

“La vida es como un lápiz que seguro se acabará,
pero dejará la hermosa escritura de la vida”.

- Nami



5. Resultados y discusión.

5.1 Caracterización de materia prima.

La composición química de cada producto hortícola se determinó para conocer el aporte nutrimental de cada uno y actualizar la bibliografía sobre estos componentes, ya que en la literatura científica para el caso de la jícama de la variedad *Pachyrhizus erosus* se reportan valores del AQP de jícamas mayormente ecuatorianas (Arrobo-Reyes, 2013; Brito y Espín, 1999), jícamas cultivadas en Bangladesh (Noman *et al.*, 2007) y la tesista Burciaga-Davila (2001) realizó un estudio con jícamas mexicanas. Para el caso del chayote, Avendaño-Arrazate *et al.*, (2010) destaca que los datos disponibles de la composición química del chayote se basan principalmente en la variedad comercial verde liso, o bien, si el análisis proviene de otra variedad, generalmente ésta no se especifica, por lo tanto es necesario conocer la composición de las otras variedades de chayote descritas, partiendo de un análisis proximal; Avendaño-Arrazate *et al.*, (2010) reporta valores del análisis químico proximal de *Sechium edule* (Jacq.) Sw., al igual que Lira-Saade (1996). Para el quelite Akubugwo *et al.* (2007) reporta el análisis químico proximal de *Amaranthus hybridus* L. provenientes de Afikpo, Nigeria; los tesisistas Tellez-Romero., 2005 y Morales-Toledo., 2016 trabajaron con quelite, Tellez-Romero trabajo con quelite cenizo (*Chenopodium álbum* L.) y Morales-Toledo trabajo con 8 variedades de quelites, una de ellas fue *Amaranthus hybridus* L.

En primera instancia se realizó la determinación del porcentaje de humedad ya que además de ser parte de la composición química, fue necesario conocer su valor con exactitud para la formulación de la masa con la que se preparan dichas botanas. Se cuantifico el porcentaje de fibra cruda, ya que es de suma importancia, porque aportan efectos benéficos a la salud, además Barquera *et al.*, (2009) reporta que en México el consumo diario de fibra es inferior a la cantidad recomendada para un estado óptimo de salud.

Se sabe que las proteínas vegetales son una fuente de proteínas de alta calidad, son más digeribles y limpias que las proteínas de origen animal y no producen toxicidad en los intestinos, además existen proteínas vegetales que contienen algunos de los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita (Lezama del Valle, 2017) por lo tanto conocer el porcentaje de proteínas que cada producto hortícola empleado aporta es



importante. Así mismo, es necesario conocer el contenido de carbohidratos ya que son la principal fuente de energía para todas las funciones corporales como: la actividad muscular, la digestión, el cerebro, la transmisión de impulsos nerviosos, entre otras (Lezama del Valle, 2017). Conocer el porcentaje de cenizas de los alimentos es importante ya que representan el contenido del total de minerales de un alimento. Los minerales y el agua, son los únicos componentes de los alimentos que no se oxidan en el organismo para producir energía y tienen funciones metabólicas diversas. Con relación al contenido de grasa en vegetales frescos, usualmente es menor al 1%, lo cual los hace recomendables a la ingesta en dietas bajas en calorías (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010). A continuación en la Tabla 19 se presentan los resultados obtenidos de los parámetros químicos evaluados.

Tabla 19. Parámetros químicos de chayote (*Virens levis*), jícama (*Pachyrhizus erosus*) y quelite (*Amaranthus hybridus*).

Componente (%)	Jícama	Chayote	Quelite
Humedad	90.42 ± 2.02 a	91.47 ± 0.46 b	80.29 ± 0.41 a
Proteínas	2.42 ± 0.38 a	2.89 ± 0.13 a	12.57 ± 1.34 b
Carbohidratos	5.34 ± 1.75 a	4.38 ± 0.46 a	2.79 ± 0.69 b
Azúcares reductores	2.28 ± 0.12 a	3.48 ± 0.12 b	2.57 ± 0.35 a
Fibra cruda	1.15 ± 0.35 a	0.61 ± 0.14 a	2.35 ± 0.12 b
Cenizas	0.45 ± 0.05 a	0.67 ± 0.009 a	2.14 ± 0.002 b

De acuerdo a los resultados de la Tabla 19, la humedad de la jícama concuerda con lo reportado por Burciaga-Davila (2001) reportó un 89.07%; por otro lado la humedad experimental obtenida del chayote fue similar a los datos reportados por USDA, 2010 (94.24% de humedad) y Frías-Tamayo *et al.*, 2016 (90.8% de humedad); Cabe destacar que el quelite quintonil (*Amaranthus hybridus*) no ha sido muy estudiado por la comunidad científica, sin embargo Akubugwo *et al.*, (2007) reportó 83.48% de humedad para *A. hybridus* L. en base seca procedente de Afikpo, Nigeria (País en África Occidental). La humedad experimental obtenida para las hojas de *A. hybridus* adquirido la central de abastos de la ciudad de México fue de 80.29%, la diferencia de humedad se le atribuye a la variedad, cultivo, época del año y lugar de procedencia de la hortaliza.



El porcentaje de proteína experimental obtenido para la jícama concuerda con lo reportado por Brito y Espín (1999) presentaron un valor de 2.90-4.69%; para el caso del chayote varia a los datos reportados por Lira-Saade, 1996 (0.9-1,1% de proteína); debido a que reportaron proteínas de la pulpa del fruto, sin embargo, el extracto que se hizo de chayote para determinar proteínas se hizo con la cáscara, ya que en la elaboración de la botana, el chayote se utilizó con la cáscara, esto nos da pauta a que la cascara del chayote tuvo un porcentaje considerable de proteínas.; Akubugwo *et al.*, (2007) mostro 17.92% de proteínas para *A. hybridus* L. procedente de África Occidental, la diferencia de proteína se le atribuye a la variedad, cultivo, época del año, lugar de procedencia de la hortaliza, madurez de la planta y que lo determinaron en base seca.

Para el porcentaje de fibra cruda experimental obtenido para la jícama concuerda con los datos obtenidos por Noman *et al.*, 2007 (1.4%); para el chayote concuerda con lo que obtuvo Lira-Saade, 1996 (0.4-1%); Akubugwo *et al.*, (2007) reporto 8.61% de fibra cruda para *A. hybridus* procedente del País de África Occidental. El porcentaje de fibra que se obtuvo para las hojas de *A. hybridus* adquirido en la central de abastos en la ciudad de México fue de 2.35%, la diferencia de fibra se le atribuye al estado de madurez de las hojas, además Akubugwo *et al.*, (2007) especifica que su muestra fue secada al sol por 3 días para obtener una muestra seca en polvo (tamiz de malla de 2,0 mm) de las hojas del *Amaranthus hybridus* L., y en este caso las determinaciones se hicieron en fresco.

Para los azúcares reductores (AR), el dato obtenido para la jícama difiere con lo reportado por Noman *et al.*, (2007) (1.83% de AR) y Burciaga-Dávila (2001) (3.36% de AR). Por otro lado Shiga *et al.*, 2015 reportó azúcares solubles totales en la fruta del chayote 21–22%, principalmente fructosa (~11%) y glucosa (~10%); Para el quelite no se encontró un valor de AR reportado. En cuanto a los carbohidratos por diferencia, para la jícama Sorensen (1990) obtuvo valores de 6.5-14.9%; Frías-Tamayo *et al.*, 2016 reporto 7.7% de CHOS en el fruto de chayote; Akubugwo *et al.*, (2007) presentaron 52.18% de carbohidratos para *A. hybridus*, sin embargo hay que considerar que el método de DNS solo evalúa un azúcar, dependiendo de la solución estándar empleada, y para este caso se utilizó sacarosa, vale la pena decir que el chayote tiene 34% más contenido de azúcares reductores que la jícama, y el chayote tiene 26% más azúcares reductores que el *A. hybridus*.



Para el porcentaje de cenizas de la jícama Noman *et al.*, (2007) mostraron 0.5% de cenizas, lo cual es muy similar al obtenido experimentalmente; para el caso del chayote Avendaño-Arrazate *et al.*, (2010) reportó 0.39% contenido de cenizas, se sabe que en las hortalizas las cenizas puede ser de 0.1 a 4.4%, dato que concuerda con el obtenido experimentalmente; para el quelite Akubugwo presento 13.80% de cenizas, la diferencia se le atribuye a la variedad, cultivo, época del año, lugar de procedencia de la hortaliza, y madurez de la planta.

Las frutas y hortalizas suministran parte de los hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales necesarios para la dieta humana, analizando el contenido de proteína en crudo el quelite obtuvo 78% más proteína que el chayote y 82% más proteína que la jícama; con respecto a la fibra cruda, el quelite tuvo 51% más fibra que la jícama y 74% más que el chayote. Hay que hacer notar que Avendaño-Arrazate *et al.* (2010) mencionó que el agua es un componente esencial en el tejido vegetal del chayote y un determinante fundamental del valor nutritivo de los alimentos en general, diluye o concentra los nutrientes y otros componentes presentes en el alimento, sin embargo la alta actividad acuosa provoca el ataque de microorganismos y descomposición rápida. Asimismo, los alimentos con mayor contenido de agua tienen mayor tasa respiratoria y actividad enzimática que reduce su vida de anaquel como es el caso de la jícama la cual contiene 90% de agua y el chayote (91%); la diferencia de nutrimentos varía por la diferencia entre cada uno, destacando la especie entre ellos, ya que la jícama pertenece a los tubérculos, el chayote es un fruto y el quelite pertenece a las hortalizas.

El quelite al tener menor contenido de agua aumentan componentes como el contenido de fibra y la jícama y el chayote al tener mayor contenido de humedad (tienen pulpa) disminuyendo así el contenido de fibra.

El siguiente punto fue conocer los componentes bioactivos, ya que aportan un beneficio a la salud, dentro de estos componentes se encuentran el ácido ascórbico, carotenos, flavonoides, fenoles totales, antocianos, etcétera. Debido a su estructura química, desempeñan un papel esencial en la protección frente al daño oxidativo, tienen efectos terapéuticos en un elevado número de patologías, incluyendo la isquémica, aterosclerosis o cáncer. Los compuestos fenólicos son un gran grupo de antioxidantes



naturales; característicos de frutas, vegetales y cereales, los cuales presentan efectos benéficos al consumidor. Estos componentes son capaces de neutralizar radicales libres, y juegan un rol importante en la modulación de detoxificación enzimática, estimulación del sistema inmune, disminución de la agregación plaquetaria y modulación del metabolismo hormonal (Peña-Galván *et al.*, 2017).

Debido a lo anterior se cuantificó la capacidad antioxidante y los fenoles totales de los productos hortícolas empleados, con el fin de saber si presentan o no actividad antioxidante (AAO) y compuestos fenólicos (CF). En la Tabla 20 se presenta el contenido de fenoles totales (FT) y la capacidad antioxidante de los productos hortícolas.

Tabla 20. Componentes bioactivos determinados en los productos hortícolas.

Componente	Jícama	Chayote	Quelite
Capacidad antioxidante ($\mu\text{moles trolox/g}$)	0.92 \pm 0.11 a	0.88 \pm 0.08 a	4.47 \pm 0.64 b
Fenoles Totales ($\text{mg \acute{a}c. g\acute{a}lico/g}$)	2.33 \pm 0.31 b	0.95 \pm 0.11 a	5.90 \pm 0.59 c

En la Tabla 20 se observa que el quelite presentó la mayor capacidad antioxidante obtuvo 79% más AAO que la jícama y 80% más capacidad antioxidante que el chayote, esta actividad antioxidante se encuentra relacionada con los compuestos fenólicos. Para el contenido de FT, se puede observar en la Tabla 18 que el quelite tuvo el mayor contenido de FT, 60% más FT que la jícama y 84% más fenoles totales que el chayote, puesto que los compuestos polifenólicos son metabolitos secundarios que las plantas de hoja poseen en general en su estructura (anillos aromáticos) al que está unido uno o más grupos hidroxilo (Mercado-Mercado *et al.*, 2013).

Para los FT de la jícama, Doporto (2014) mostró CF en Jícama de la especie *Pachyrhizus ahipa* un valor de 3.2-3.8 mg ácido gálico/g; Aquino-Bolaños y Mercado-Silva (2004) estudiaron el contenido fenólico (como ácido gálico) en el tejido de jícama fresco (*Pachyrhizus erosus* L. Urban) el dato que ellos reportan fue de 0.3730 g kg⁻¹. Basilio-Heredia y Cisneros-Zevallos (2009) reportan de AAO en la jícama (*Pachyrhizus erosus*) 60 mg ácido clorogénico/100 g con el reactivo de Folin-Ciocalteu. Para la AAO Doporto (2014) reportó que la jícama (*Pachyrhizus ahipa*) tiene una actividad secuestrante de



radicales libres (ASR) de 28.6 a 42.5 mg Trolox/100g medido por el método de ABTS. Basilio-Heredia y Cisneros-Zevallos (2009) reporta 182 μg trolox Eq/g para jícama (*Pachyrrhizus erosus*) por el método de DPPH. Doporto (2014) menciona que la incorporación de jícama en la dieta puede no representar una incorporación de antioxidante significativa, ya que otras hortalizas tales como pimientos rojos pueden proporcionar hasta 100 veces más antioxidantes que las raíces de jícama. La diferencia entre los valores reportados de FT y AAO se relaciona con los cambios en el color de la pulpa de la jícama, el tiempo y temperatura de almacenamiento, desde cuando fue cosechada, el método y condiciones del mismo, y para el caso del reactivo de Folin-Ciocalteu, este puede sobreestimar las concentraciones fenólicas debido a la reacción con otros compuestos reductores (Walter y Purcell, 1979).

Para el caso de la AAO del chayote, Morillas-Ruiz y Delgado-Alarcón (2012) estudiaron la AAO de varias frutas y hortalizas por el método del radical libre estable difenil-picrilhidrazil (DPPH), reportan que el chayote tuvo una AAO de $8,54 \pm 0,01$ mM TEAC/g. Para el caso de los FT, los mismos autores reportaron que el chayote presentó una concentración de CF (0.5 mg GA/g). Otro estudio hecho por Peña-Galván *et al.*, (2017) evaluaron el efecto de diferentes tratamientos térmicos en los tejidos del chayote (cascara y pulpa) en compuestos FT, en la pulpa se obtuvo 0.21 ± 0.02 mg eq de ácido gálico/g de peso fresco y en la cascara en fresco presentó 0.47 mg/g peso en fresco (PF). Si comparamos el dato experimental obtenido del chayote con una hortaliza que presenta altos valores en FT como el del nopal (10.63 a 24.23 mg GA/g) (Kähkönen *et al.*, 1999), podemos clasificar el contenido de FT del chayote como contenido bajo.

Para el quelite experimentalmente se encontró un valor en FT de 5.90 mg ácido gálico/g de muestra de hojas de quelite, en cambio Gutiérrez-Avella *et al.* (2008) reportaron para *A. hybridus* 49.43 mg equivalentes de ácido gálico por gramo de extracto seco por el método DPPH; Ortiz-García *et al.* (2004) mostraron 35.63 mg de ácido gálico en 1 g de extracto desecado con el reactivo de Folin-Ciocalteu; López-García *et al.*, (2018) presentaron que en quelites cosechados en primavera presentaron un contenido de FT de 83.6 mg EAG/100 g PF y quelites cosechados en Otoño presentaron 106.8 mg EAG/100 g PF (mg equivalentes de ácido gálico/100 g de muestra peso fresco) utilizando metanol como disolvente. La diferencia podría atribuirse al secado de la muestra, los



métodos y los tiempos de extracción empleados, las condiciones climáticas de siembra así como los tratamientos térmicos aplicados. Para la AAO del quelite se obtuvo 4.47 $\mu\text{moles trolox/g}$, López-García *et al.*, (2018) reportó valores de la AAO del quelite con respecto al porcentaje de inhibición del ABTS de 26.3%, esto para quelites cosechados en primavera utilizado como disolvente metanol, concluyendo que el quelite presentó una alta AAO, la cual puede verse afectada dependiendo de la época del año en la que fue cosechado, también la variación podría deberse a las condiciones climáticas entre las estaciones y afectando al contenido de nutrientes de la tierra, entonces sería pertinente seguir estudiando la capacidad antioxidante del quelite en las diferentes épocas del año.

5.2 Formulación de la botana.

El análisis sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Esta disciplina comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos e intenta aislar las propiedades sensoriales y aportar información útil para el desarrollo de productos, control durante la elaboración, vigilancia durante el almacenamiento, entre otras (Lawless y Heymann, 2010; Ramírez-Navas, 2012).

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrade un producto (Watts *et al.*, 1992).

Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías, a continuación se presentan los resultados que se obtuvieron de dicha evaluación sensorial, comenzando con el gráfico del color en la Figura 31, para la botana de jícama los evaluadores prefirieron de un 6-8% más a la botana con 40% de jícama sobre la de 30 y 50%; para la botana de chayote prefirieron de un 4-6% más la botana de chayote con 30% que la botana con 40% y 50%; para la botana de quelite no hubo diferencia significativa en la preferencia del color en los diferentes porcentajes de



producto hortícola evaluado ($\rho \geq 0.05$). Las mejores calificaciones las obtuvieron la botana de jícama con 40%, la botana de chayote con 30% y la botana de quelite del 20%.

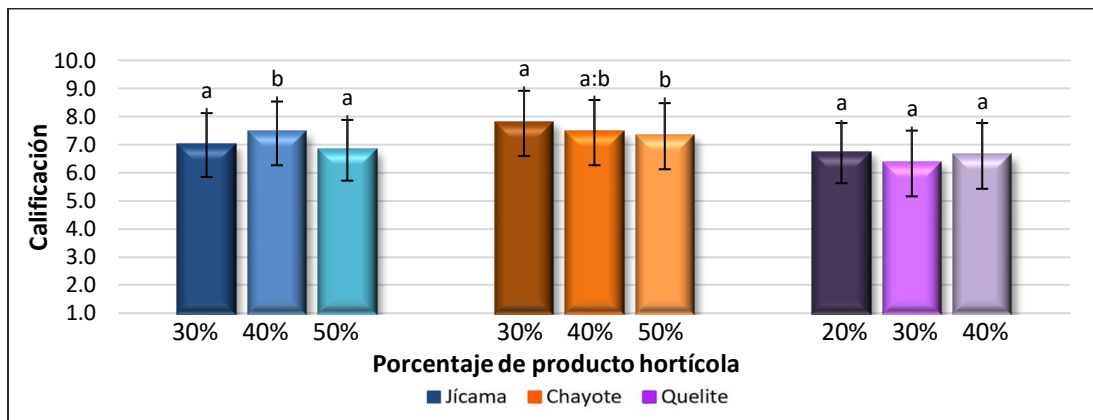


Figura 31. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del color.

Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los porcentajes de producto hortícola empleado ($p \leq 0.05$).

En la Figura 32 se analizan los datos obtenidos para el olor, para la botana de jícama los panelistas prefirieron más la formulación de 40% en un 6% sobre las botanas hechas con 30 y 50%; para la botana de chayote y quelite los panelistas no encontraron diferencias significativas en el olor ($\rho \geq 0.05$).

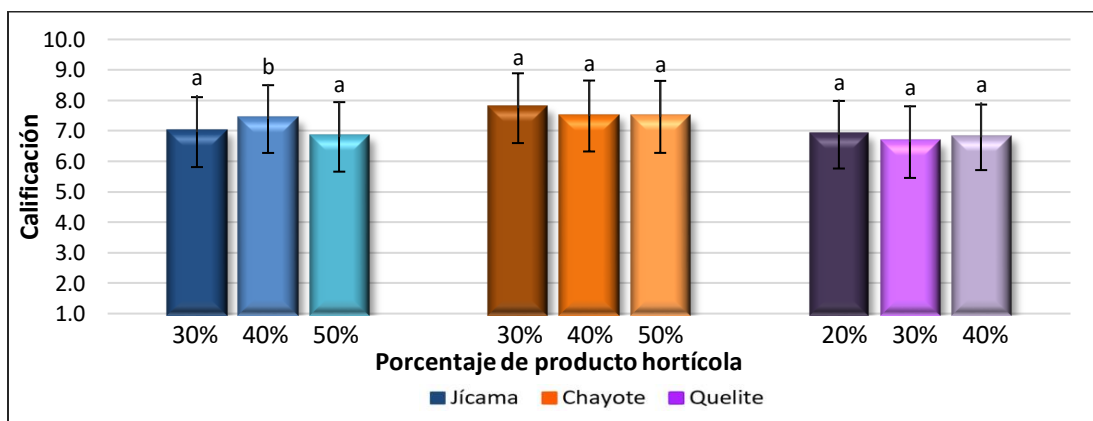


Figura 32. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del olor.

Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los porcentajes de producto hortícola empleado ($p \leq 0.05$).

Para la textura (Figura 33) los evaluadores prefirieron la botana de jícama entre un 9-14% más a la botana con 40% sobre la de 50 y 30%; para la de chayote los panelistas no encontraron diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$); para la botana de quelite los catadores prefieren entre un 8-14% más a la botana con 20% de quelite sobre la de 40 y 30%.

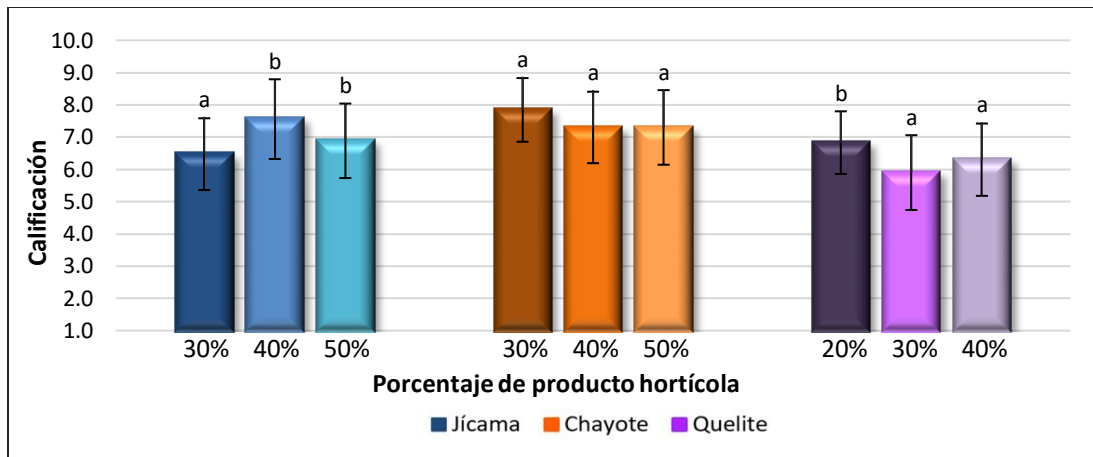


Figura 33. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial de textura.

Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los porcentajes de producto hortícola empleado ($p \leq 0.05$).

En la Figura 34 se muestra los datos obtenidos para el atributo de sabor, donde se observa que la botana de jícama fue 10% más preferida que la botana con 40% de jícama sobre la de 30% y el 4% prefirió a la botana del 40% con respecto a la de 50%; para la botana de chayote los evaluadores no encontraron diferencia significativa en el sabor ($p \geq 0.05$); para la botana de quelite si hubo diferencia significativa, el 14% prefirió más a la botana con 20% de quelite sobre la de 30% y el 10% prefiere a la botana del 20% con respecto a la de 40% de quelite.

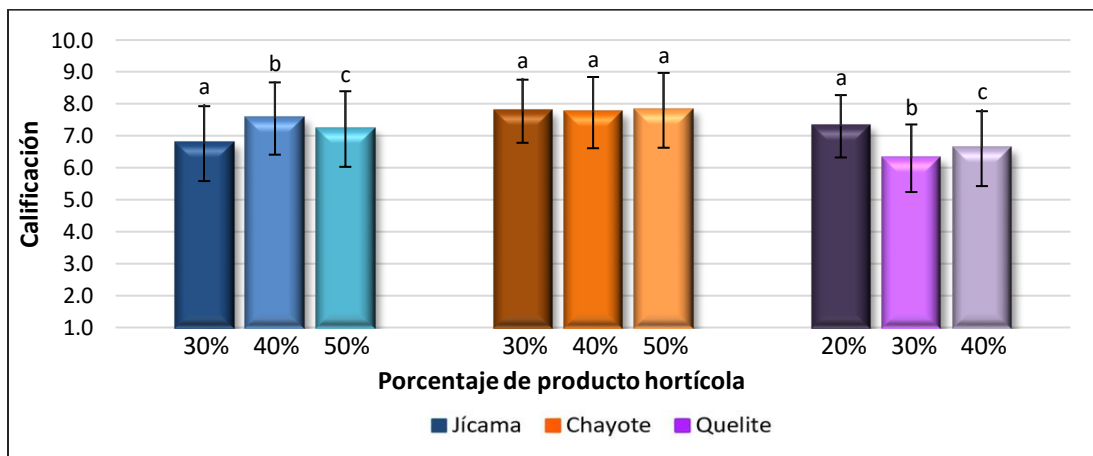


Figura 34. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del atributo sabor.

Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los porcentajes de producto hortícola empleado ($p \leq 0.05$).

De acuerdo a la Figura 35, para la botana de jícama los evaluadores prefirieron 10% más a la botana con 40% de jícama sobre la de 30% y el 4% prefirió a la botana del 40% con



respecto a la de 50% de jícama; para la botana de chayote los panelistas no encontraron diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$); para la botana de quelite los consumidores no encontraron diferencia significativa entre las botanas con 30 y 40%, es decir son las que menos les agradaron, el 15% prefirió más a la botana con 20% de quelite sobre la de 30% y el 10% eligió a la botana del 20% con respecto a la de 40% de quelite.

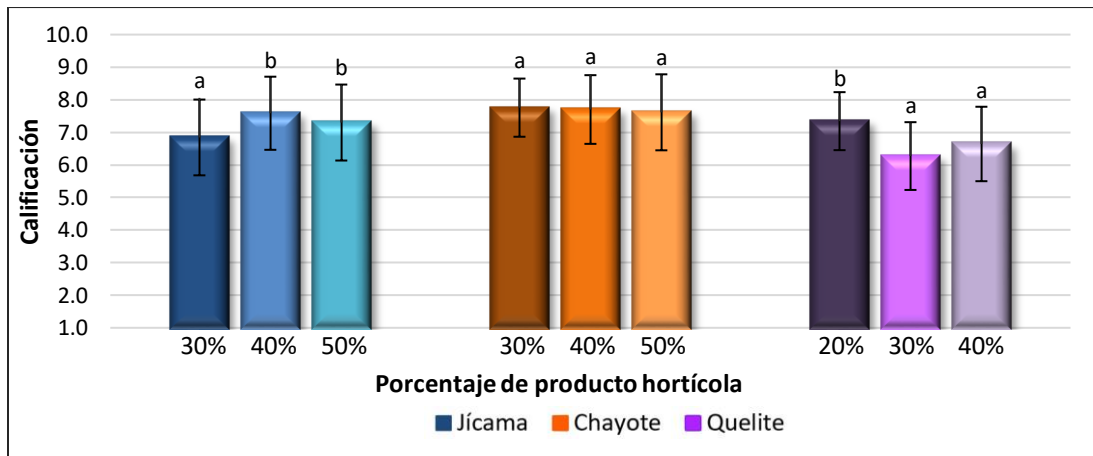


Figura 35. Evaluación de las formulaciones; evaluación sensorial del atributo aceptabilidad general.

Las letras diferentes representan diferencia significativa entre los porcentajes de producto hortícola empleado ($p \leq 0.05$).

De acuerdo a los datos obtenidos en esta evaluación sensorial, para la botana de jícama se selecciona la formulación del 50%, ya que el consumidor no encontró diferencia significativa sensorialmente entre la de 40 y 50% de jícama, siendo seleccionada la de mayor porcentaje, con el fin de aportar mayor contenido de este producto hortícola a la botana, y disminuir el porcentaje de harina de maíz en la formulación; para la botana de chayote el panelista no encontró diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$) en los atributos sensoriales evaluados, por lo tanto se decide utilizar la de mayor porcentaje de chayote; para la botana de quelite los evaluadores no encontraron diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$) en la mayoría de los atributos sensoriales evaluados, prefiriendo en su mayoría la botana con 20% de quelite, ya que en todos los parámetros evaluados con esta formulación en promedio se obtuvo la calificación de 7, a diferencia de las formulaciones con 30 y 40% en las que se obtuvieron calificaciones de 6.



5.3 Selección del método de cocción (horneado y freído) en botanas hortícolas.

5.3.1 Prueba sensorial.

Una vez que se seleccionó la formulación para las botanas, se evaluaron los métodos de cocción propuestos en el apartado anterior: horneado a 160°C por 30 min y freído a 160°C por 6 min. Se realizó la prueba sensorial para seleccionar el método que mejor agrada a los consumidores.

La identificación y medición de las propiedades sensoriales es un factor esencial para el desarrollo de nuevos productos, reformulaciones, identificación de cambios causados por los métodos de procesamiento, almacenamiento, uso de nuevos ingredientes y para control de calidad. Las consultas a consumidores evalúa simplemente el grado de aceptabilidad del producto y su preferencia sobre algunos atributos. Las pruebas de análisis sensorial permiten traducir las preferencias de los consumidores en atributos bien definidos para un producto. La información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad, se obtiene empleando métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Ramírez-Navas 2012; Watts *et al.*, 1992). Arrabal y Ciappini (2000) señalan que estas pruebas deben realizarse exclusivamente con consumidores y no con un panel entrenado.

Los resultados de dicha evaluación se presentan en la Figura 38, donde se evaluaron 5 parámetros sensorialmente: (A) color, (B) olor, (C) sabor, (D) textura y (E) aceptabilidad general.

De acuerdo a la Figura 36 existió diferencia significativa sensorialmente entre ambos métodos de cocción ($p \leq 0.05$), y para el caso de las botanas horneadas los evaluadores no encontraron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las botanas de jícama, chayote y quelite, a excepción del parámetro de textura para quelite, los panelistas tampoco encontraron diferencia significativa entre ambos métodos de cocción ($p \geq 0.05$), la calificación promedio obtenida con este método de cocción fue de 7 “Me gusta bastante”. Para el caso de las botanas fritas no se observó diferencia significativa entre las botanas de jícama y chayote ($p \geq 0.05$), obteniendo calificaciones por encima del 8 “Me gusta mucho”, y para la botana frita de quelite el catador encuentra diferencias significativas en el color, olor, sabor y textura, obteniendo una calificación por encima del 7.

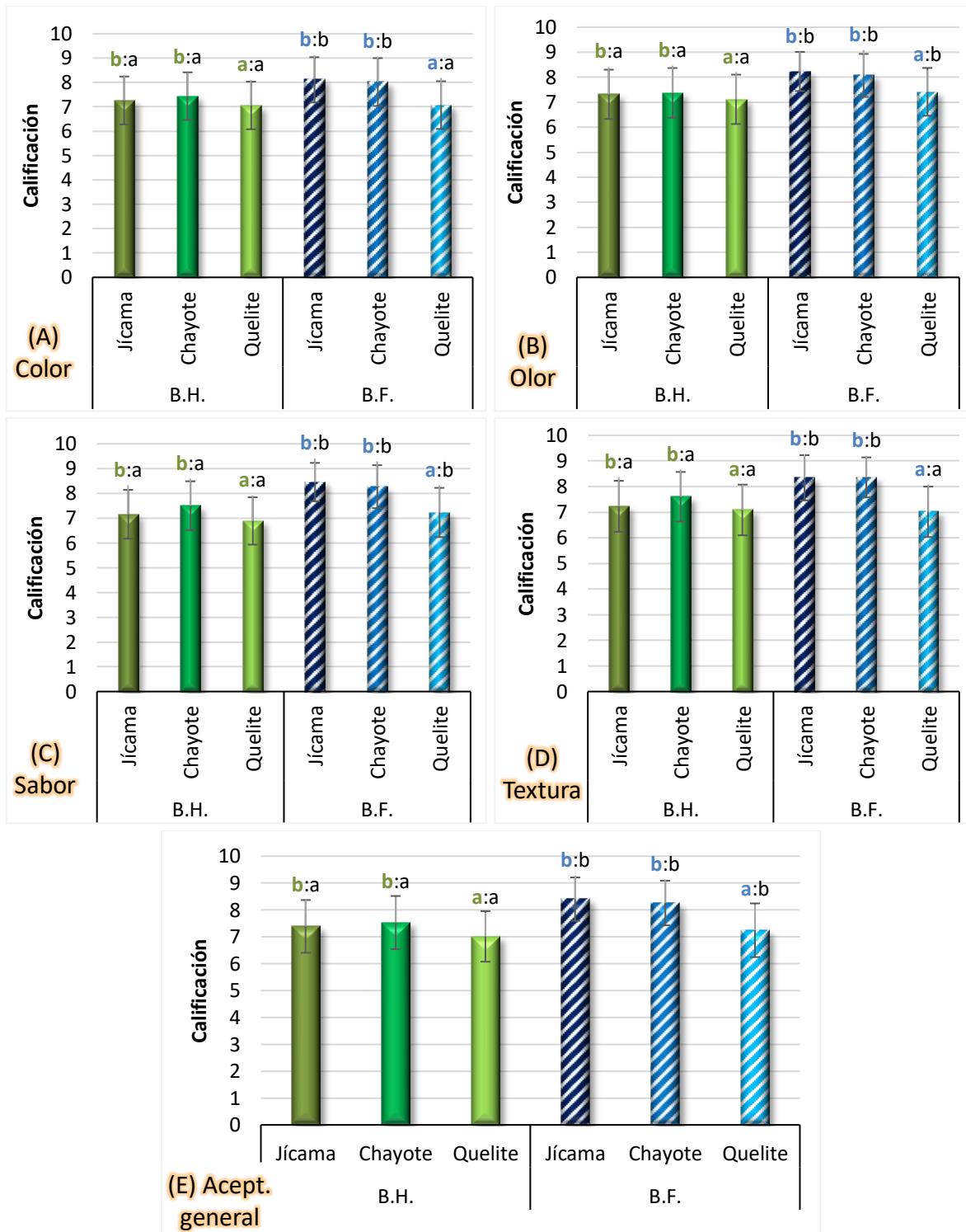


Figura 36. Evaluación sensorial de la botana horneada (B.H) y botana frita (B.F.)

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sabores evaluados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).



Ciertamente el aceite absorbido por el alimento al momento de la fritura reemplaza en parte el agua liberada, influenciando así todas sus propiedades organolépticas, especialmente sabor, color y aroma (Dobarganes y Márquez-Ruiz, 2000) dichas propiedades tienen mayor aceptabilidad por los consumidores a comparación de la botana horneada.

5.3.2 Compuestos bioactivos en las botanas.

Otro aspecto importante de estudio fue el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de las botanas sometiéndolas a ambos tratamientos térmicos (horneado y freído); se sabe al someter a los alimentos a estos procesos se generan reacciones químicas que llevan a favorecer la síntesis, liberación o bien la degradación de compuestos fenólicos (González-Cruz *et al.*, 2018).

En la Figura 37 se presenta la capacidad antioxidante de las botanas horneadas y fritas.

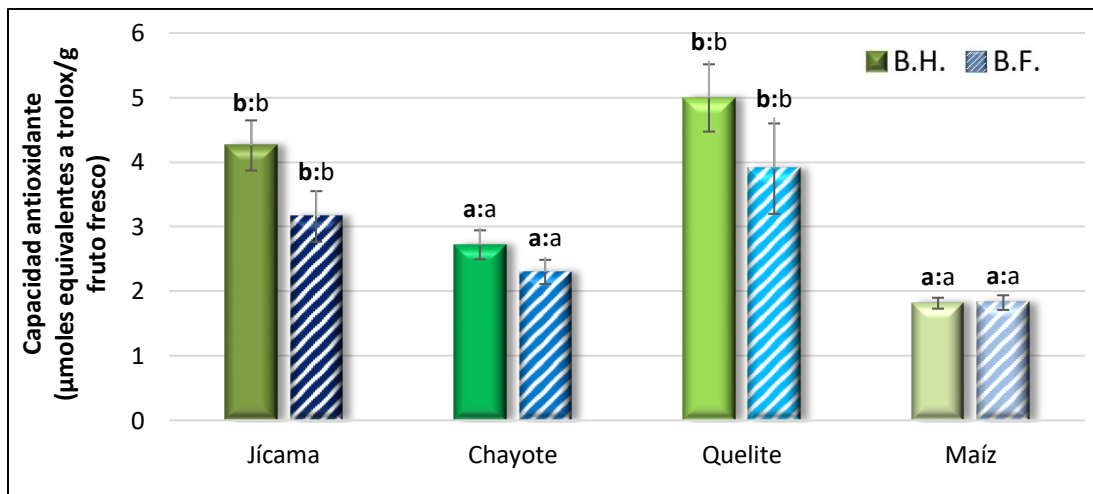


Figura 37. Evaluación de la capacidad antioxidante en las botanas.

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los productos hortícolas empleados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).

En la Figura 37, se observa que la B.H. de quelite presentó 22% más capacidad antioxidante que la B.F. de quelite; la B.H. de jícama mostró 26% más AAO que la B.F. con el mismo producto hortícola; la B.H. de chayote obtuvo 15% más AAO que la B.F. y para la botana patrón de maíz no existió diferencia significativa en la capacidad antioxidante que ambas botanas obtuvieron ($p \geq 0.05$) por los diferentes métodos de cocción, por lo tanto se puede decir que la aplicación estos productos hortícolas en las



botanas afecta directamente a las propiedades nutricionales de la misma. Se ha reportado que existe correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos (Cai *et al.*, 2004). En adición, el horneado pudo haber generado y acumulado productos derivados de la reacción de Maillard, los cuales tienen grados variables de actividad antioxidante contribuyendo positivamente a incrementar los valores de la actividad antioxidante (Vega-Gálvez *et al.*, 2009; Wojdyło *et al.*, 2009).

Por otro lado, es interesante ver lo que pasa con el contenido de FT, se puede observar en la Figura 38 que existió diferencia significativa ($\rho \leq 0.05$) entre las botanas cuando se emplea un producto hortícola diferente y existió diferencia significativa ($\rho \leq 0.05$) en el contenido de fenoles totales cuando se emplea un método de cocción diferente (horneado y freído).

La botana frita de jícama mostró 1% más FT que la botana horneada de jícama; la botana horneada de chayote obtuvo 6% más FT que la B.F. con el mismo producto hortícola; la B.H. de quelite presentó 33% más contenido de fenoles totales que la botana frita de quelite y para la botana patrón de maíz, se tuvo 22% más FT en la B.F. que en la B.H.

Se sabe que el horneado a una temperatura superior a 60°C posiblemente induce condensación oxidativa o descomposición de compuestos fenólicos termolábiles (Asami *et al.*, 2003), es por dicha razón que al someter los alimentos a una exposición prolongada a altas temperaturas se pueden destruir algunos de los complejos formados entre los compuestos fenólicos unidos a otros componentes de los alimentos, como es el caso de la botana de quelite. Ciertamente el quelite es el producto hortícola con mayor contenido de FT y mayor AAO, sin embargo en las botanas elaboradas con quelite se observó una gran disminución del contenido de compuestos fenólicos, lo cual es debido a la degradación térmica y oxidativa de dichos compuestos como consecuencia del incremento de la intensidad del tratamiento térmico (Wojdyło *et al.*, 2009) la botana frita de quelite fue la que presentó la menor AAO debido a que los tratamientos en medio graso provoca que la superficie de los alimentos se cierren formando una corteza, producto de la deshidratación causada por la evaporación del agua, manteniendo atrapados los compuestos responsables de la actividad antioxidante, es decir disminuye su extracción (Pérez-Reyes y Sosa-Morales, 2013) y puede que en el aceite de freído



una porción de compuestos antioxidantes como lo son los carotenoides (compuestos lipofílicos) se quedarán inmersos en el aceite es decir existen pérdidas constantes de la actividad antioxidante con el tiempo de fritura (Suaterna-Hurtado, 2009; Navas-Sánchez, 2005).

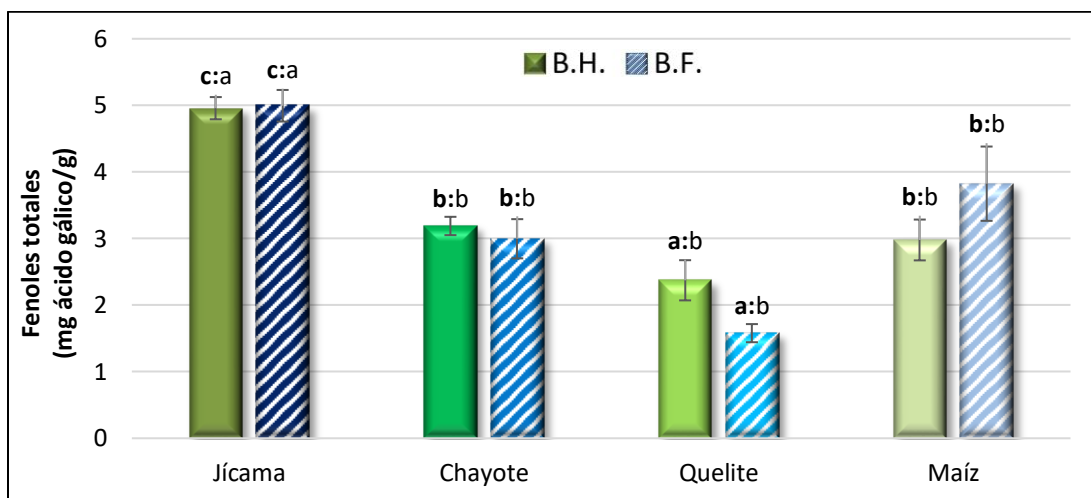


Figura 38. Evaluación del contenido de fenoles totales en las botanas.

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sabores evaluados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).

5.3.3 Pruebas de calidad.

5.3.3.1 Capacidad de absorción de aceite de las botanas.

Al ser la botana frita la de mayor aceptabilidad, se procedió a evaluar la capacidad de absorción de aceite de dichas botanas, para saber si efectivamente al añadir productos hortícolas se disminuye dicha absorción de aceite. Se sabe que la absorción de aceite es un parámetro crucial en los alimentos fritos, se sabe que las papas fritas pueden absorber hasta 40% de aceite y las papas fritas “chips” absorben la misma cantidad entre un 35 a 40% (Dobarganes *et al.*, 2000). La fritura es un proceso de cocción y deshidratación a través del contacto de aceite caliente con una materia prima, el objetivo es sellar el alimento gracias a que el almidón se gelatiniza, a que los tejidos se ablandan y que las enzimas son parcialmente inactivadas. De esta manera los sabores y jugos que componen el alimento se conservan en la parte interna de él, gracias a la formación de una capa que recubre el producto, ya que la humedad se pierde durante el proceso (Lucas *et al.*, 2011). El objetivo de medir la capacidad de absorción de aceite es



importante ya que hay migración del aceite hacia el alimento, aumentando su aporte calórico en el caso de las botanas fritas.

En la Figura 39 se muestra la capacidad de absorción de aceite en porcentaje para las botanas fritas y horneadas de jícama, chayote, quelite y maíz.

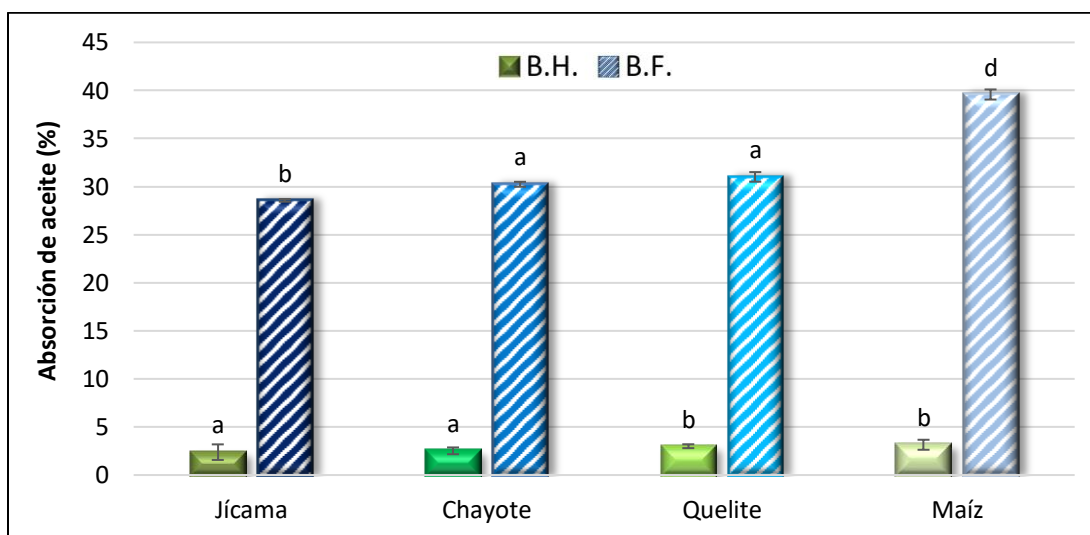


Figura 39. Capacidad de absorción de aceite de las botanas propuestas (jícama, chayote y quelite) comparadas con una botana patrón (maíz).

Las letras diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

De acuerdo a la Figura 39, se observa que la capacidad de absorción de aceite se reduce alrededor del 39% para la botana frita (B.F.) de jícama y un 31% para la B.F. de chayote con respecto a lo observado en la botana elaborada con harina de maíz; la B.F. de quelite absorbió 22% menos grasa que la B.F. de maíz y comparándolo con la B.F. de jícama y chayote absorbió 5% más grasa lo cual está relacionado con la cantidad de harina de maíz que se empleó en la formulación. Por otro lado se ha reportado que durante los procesos de fritura, el almidón sufre cambios estructurales en los cuales los cristales de la amilosa y de la amilopectina se reorganizan. Esta conformación promueve la formación de un gel que funciona como una barrera protectora contra la entrada del aceite a nivel de fritura (Severini *et al.*, 2005), es por eso que las botanas de jícama y chayote absorbieron menos cantidad de aceite, ya que están aportando mayor cantidad de almidón a comparación de la botana de quelite, la cual tiene un mayor porcentaje de harina de maíz, absorbiendo mayor cantidad de aceite.



En el caso de las botanas horneadas (B.H.), se observa que el contenido de grasa efectivamente es menor a comparación de las botanas fritas por inmersión. No existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las B.H. de jícama y chayote, la B.H. de jícama tuvo 6% menos grasa que la B.H. de chayote, por otro lado no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre las botanas horneadas de quelite y maíz, la botana de quelite obtuvo 5% menos contenido de grasa que la botana patrón de maíz. La grasa presente en las botanas horneadas se atribuye al contenido natural de lípidos de la harina de maíz y de los productos hortícolas empleados, el grano entero de maíz presenta en su composición alrededor de 4.5% de lípidos (Primo, 1997) y la harina de maíz nixtamalizado marca Maseca entre 1.10% de lípidos (Acevedo-Ramos, 2016).

5.3.3.2 Humedad de las botanas.

Es importante estudiar el contenido de humedad de las botanas, ya que se sabe que un alto contenido de humedad en los productos alimenticios que se someten al freído por inmersión, corresponde una mayor absorción de aceite, y se presume que un contenido menor de humedad, especialmente en las capas externas del producto, resulta menor evaporación de agua y por tanto menor porosidad interna donde se puede ubicar el aceite absorbido (Alvis-Bermúdez *et al.*, 2010). Esto se debe a que la humedad interna abandona el alimento y la temperatura en el centro tiende a elevarse hasta el punto de ebullición del agua, (Amiryousefi *et al.*, 2014).

La humedad obtenida para las botanas fritas fue de 1-3% (Figura 40), algunos autores reportan porcentajes de humedad en algunas botanas elaboradas con harina de maíz: Coutiño-Estrada *et al.* (2008) reportaron porcentajes de humedad en sus botanas de 2.6%; Serna-Saldívar (1996) indicó que la humedad para botanas tipo Doritos, Tostitos o Tostadas fue de 2%; Plascencia (1998) mostró que las botanas fritas de maíz tuvieron un contenido de humedad de 1% y los totopos 1.8%. Para el caso de las botanas horneadas, Ibarz y Barbosa-Cánovas (2005) menciona que un producto horneado puede contener más de 2.5% de humedad.

De acuerdo a la Figura 40, se puede observar que la humedad obtenida para la botana horneada cumplió con lo mencionado por Ibarz y Barbosa-Cánovas (2005), y para el caso de la botanas frita la humedad está en el rango con los autores mencionados



anteriormente. La importancia del contenido de humedad en las botanas es de gran relevancia, ya que la conservación mediante la reducción de la misma es una consecuencia directa sin la cual los microorganismos les es imposible desarrollarse (Jay *et al.*, 2005).

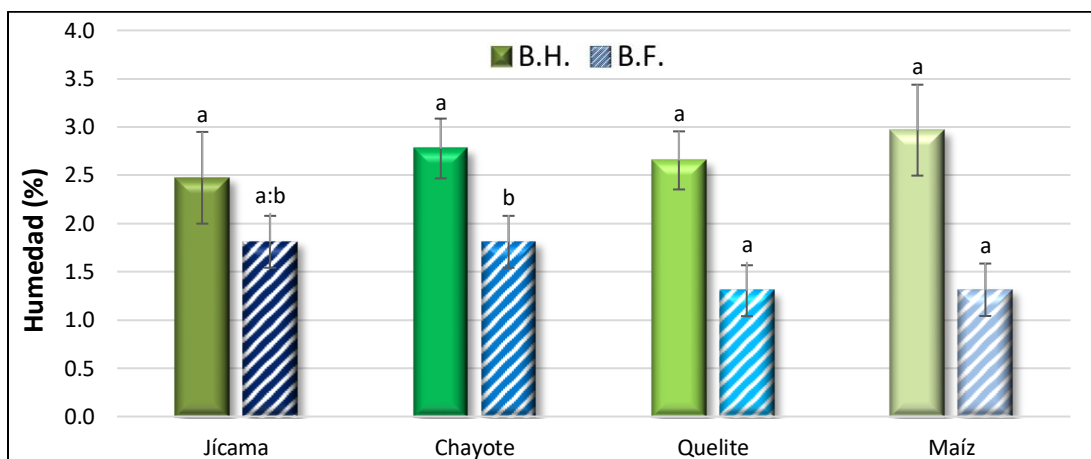


Figura 40. Humedad final de las botanas horneadas y de las botanas fritas.

Las letras diferentes representan diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

5.3.2 Color de las botanas.

El color es la primera sensación que percibimos de los alimentos y quizás por ello se considera que es el primer atributo que determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor sobre un alimento. En la industria alimentaria, el color es una característica de valoración y de calidad. En este sentido, la colorimetría es la ciencia que cuantifica y describe físicamente el color tal como lo percibe el ser humano. Un colorímetro utiliza el sistema CIE el cual usa tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. La coordenada L^* recibe el nombre de luminosidad o claridad y, puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas a^* y b^* forman un plano perpendicular a la coordenada L^* . La a^* define la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad hacia el rojo si a^* es positiva, y hacia el verde si a^* es negativa. Análogamente la coordenada b^* define la desviación hacia el amarillo si b^* es positiva, y hacia el azul si b^* es negativa (Gilabert, 1992). El conjunto $a^* b^*$ recibe el nombre de cromaticidad y junto con L^* definen el color del estímulo (en coordenadas cartesianas o rectangulares); esto corresponde al término de cromaticidad que no indica explícitamente ni el tono ni la saturación. Este inconveniente se soluciona definiendo C^* (croma) y H^* (tono) (Mathias-Rettig y Ah-Hen, 2014).



A continuación en la Figura 41 se presentan los resultados para la luminosidad en las botanas horneadas (B.H.) y en las botanas fritas (B.F.).

Se sabe que la luminosidad va del 0 (negro) al 100 (blanco) para las botanas de chayote, jícama y maíz tienden a los colores claros “rojo brillante-amarillo”, mientras que la del quelite tiende a “rojo oscuro-amarillo” (McGuire, 1992).

De acuerdo a la Figura 41, la B.H. de jícama tuvo 27% más luminosidad que la B.F. de jícama; la B.H. de chayote presentó 37% más luminosidad que la B.F. de chayote; la B.H. de quelite mostró 5% más luminosidad que la B.F. de quelite y la B.H. de maíz obtuvo 38% más luminosidad que la B.F. de maíz. Por otro lado, hubo diferencia significativa (en la luminosidad) entre los métodos de cocción empleados ($\rho \leq 0.05$) para las botanas en las que se empleó jícama, chayote y solo maíz; no se mostró diferencia significativa para las botanas en las se empleó quelite ($\rho \geq 0.05$).

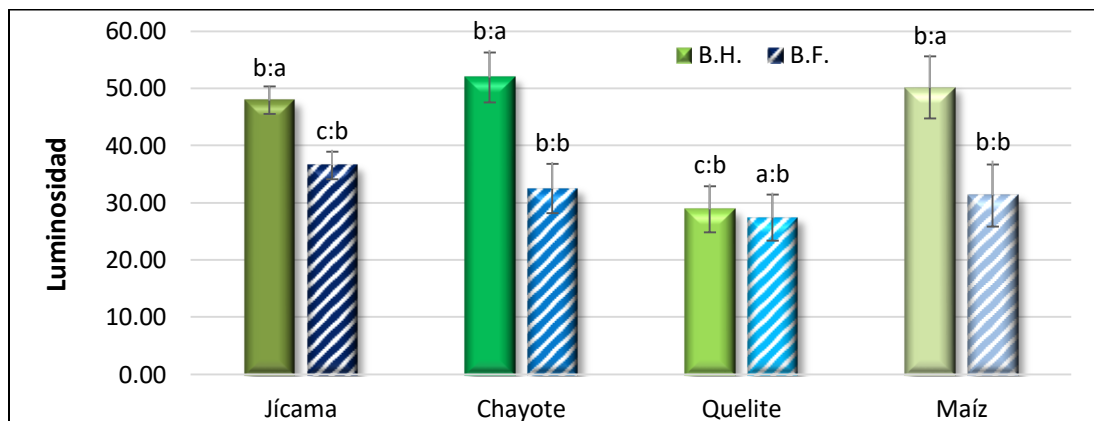


Figura 41. Luminosidad de las botanas horneadas y de las botanas fritas.

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sabores evaluados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).

Por otra parte, para los grados Hue de las botanas de chayote, jícama y quelite tienden a los tonos rojos ya que la escala de °Hue indica que los colores rojos-púrpura van de 0 a 90 °Hue (McGuire, 1992). De acuerdo a la Figura 40, la B.H. de jícama presentó 56% más °Hue que la B.F. de jícama; la B.H. de chayote mostró 52% más °Hue que la B.F. del mismo producto hortícola; la B.H. de quelite tuvo 70% más °Hue que la B.F. de quelite y para las botanas de solo maíz, la B.H. obtuvo 38% más °Hue que la botana frita. Por otra parte, hubo diferencia significativa ($\rho \leq 0.05$) entre los métodos de cocción



empleados y entre las botanas (jícama, chayote, quelite y solo maíz) con el mismo método de cocción.

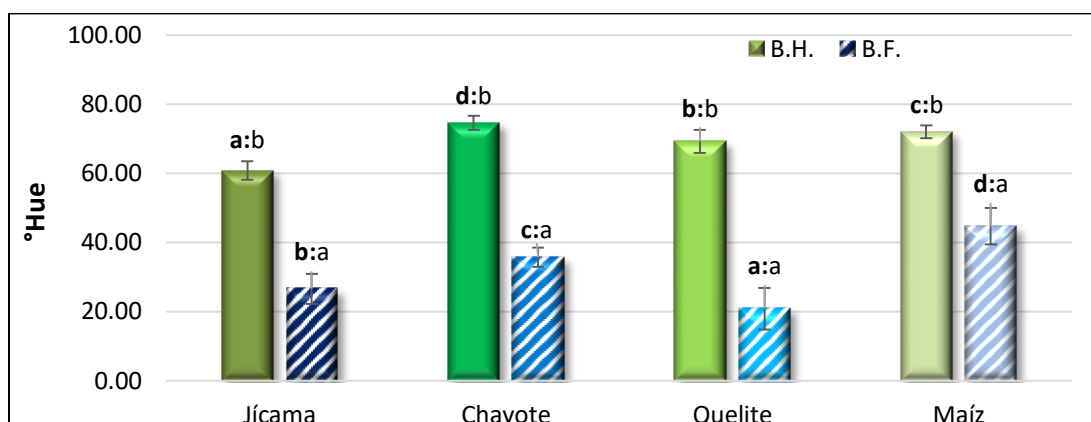


Figura 42. Grados Hue de las botanas horneadas y de las botanas fritas.

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sabores evaluados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).

Otro aspecto evaluado fue el croma, para interpretar el croma se debe hacer con base al diagrama cromático, ya que este indica el ángulo de giro respecto al eje a^* . (Montesinos-Azorín, 2003). Los datos que se obtuvieron de a^* y b^* fueron positivos, lo que posiciona a él croma en la zona luminosa (arriba hacia la derecha), donde se agrupan los colores con claridad y cromas crecientes (C^* y L^*). En la Figura 43 se muestran los valores obtenidos del croma para las botanas.

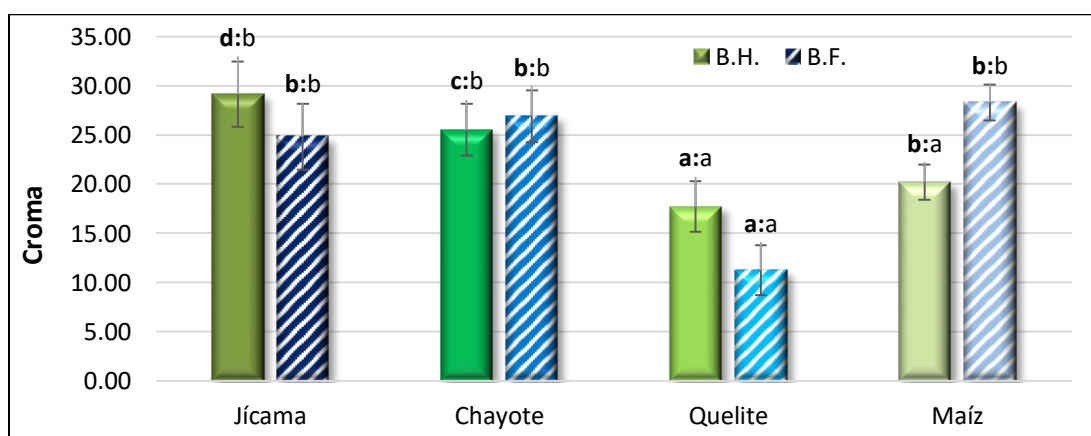


Figura 43. Croma de las botanas horneadas y de las botanas fritas.

Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar de los tratamientos.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sabores evaluados por el mismo método de cocción y la segunda letra indica si hay o no diferencia significativa entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).



El croma C^* toma el valor 0 para estímulos acromáticos y normalmente no pasa de 150; el tono o “hue”, H^* , varía entre 0 y 360° . Ambos términos (C^* , H^*) también definen la cromaticidad del color de un estímulo y, junto con la L^* , determinan las coordenadas cilíndricas del espacio CIE Lab, siendo muy parecidas a las coordenadas del sistema Munsell (Montesinos-Azorín, 2003).

De acuerdo a la Figura 43, la B.H. de jícama mostro 15% más croma que la B.F. de jícama; para la botana de chayote, la B.F. tuvo 5% más croma que la B.H.; la B.H. de quelite presento 36% más croma que la B.F. con el mismo producto hortícola y para la botana que se elaboró con solo maíz, la B.F. obtuvo 29 % más croma que la botana horneada. Por otra parte, no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los métodos de cocción empleados entre las botanas de jícama, chayote y maíz empleando el mismo método de cocción, si existió diferencia significativa ($p \leq 0.05$) cuando se utilizó quelite. En el horneado no se mostró diferencia significativa cuando se colocó un producto hortícola diferente y para el freído no hubo diferencia significativa cuando se empleó cierto producto hortícola a excepción del quelite.

5.3.4 Textura de las botanas.

Los atributos de calidad de la textura de los alimentos pueden evaluarse mediante un método descriptivo sensorial o con análisis instrumentales, las pruebas instrumentales se han utilizado tanto en investigación como en industria para evaluar la textura de los alimentos. La prueba de TPA (análisis de perfil de textura) se basa en la imitación de la masticación con un ciclo de doble de compresión generalmente se usa para productos alimenticios sólidos duros y crujientes con comportamiento de fractura frágil lo cual está estrechamente relacionado con sus atributos de textura (Chen y Opara, 2013).

Los analizadores de textura miden varias magnitudes físicas, una de ellas es la dureza, la cual se define como la fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión y se ha sustituido a menudo por el término firmeza, sus unidades son Kg, g o N. La fracturabilidad (originalmente llamada fragilidad) se puede medir como la facilidad con que se fractura el material bajo una carga dada, menor será la cohesión y mayor será la capacidad de fractura del producto, sus unidades son Kg, g o N. No todos los productos tendrán fracturabilidad (Cazzaniga, 2018).



En la Figura 44 presentan los resultados obtenidos para la textura de las botanas horneadas (B.H.) y fritas (B.F.) los datos que se tomaron del análisis de perfil de textura (TPA) fueron fracturabilidad (g) y dureza (g); en dicho grafico se puede observar que no existió diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre ambos métodos de cocción para las botanas que se elaboraron con jícama y chayote, sin embargo existió diferencia significativa cuando se utiliza quelite ($p \leq 0.05$) con el método de horneado.

La botana de jícama frita obtuvo 1.20% más fracturabilidad y dureza que la botana horneada con el mismo producto hortícola; la botana de chayote freída mostro 12% más que la botana horneada con el mismo fruto; para las botanas que fueron elaboradas con el quelite, la horneada presento 56% menos fracturabilidad y dureza que la botana frita de quelite.

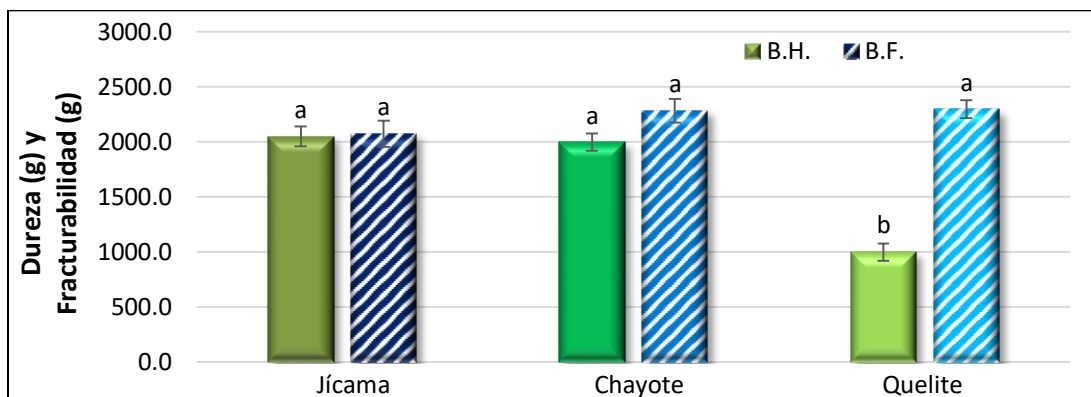


Figura 44. Evaluación de fracturabilidad y dureza en las botanas horneadas y en las botanas fritas.

La primera letra en cada barra indica si existe o no diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los métodos de cocción ($p \leq 0.05$).

Las botanas producidas a partir de maíz tienen gran aceptación en el mercado mexicano debido a la gran variedad de productos que es posible desarrollar en relación a la textura, forma y sabor. En cuanto a este último concepto las posibilidades de generar nuevos productos es muy amplia dado que se puede variar una serie de combinaciones de condimentos e ingredientes (Plascencia, 1998). Utilizar ingredientes como el quelite, chayote y jícama fue favorable con base a los datos de textura obtenidos comparándolos con una botana comercial, la cual fue de la marca Garden Veggie Straws (Botana a base de papa, tomate y espinaca), ya que los valores de dureza y fracturabilidad obtenidos



para las botanas fueron más altos comparados al comercial: Papa (533.67 ± 47.12 g), tomate (998.67 ± 71.77 g) y Espinaca (1191.33 ± 52.17 g).

Los cambios en la textura comercial vs experimental, puede deberse a la cantidad de producto hortícola añadido, y los ingredientes de la formulación, también los cambios en la textura en las botanas experimentales pudieron ocurrir debido a la gelatinización y caramelización del almidón en las formulaciones, ayudando en la formación de la corteza, provocando un producto finalmente duro, como es el caso de la jícama y chayote, ya que como se sabe son productos hortícolas ricos en almidón. La jícama tiene hasta 10%, en base seca (Martínez-Bustos *et al.*, 2005); el chayote contiene hasta 20% de almidón de alta calidad, similar al de papa (Garzón, 2006). Sin embargo, se ha reportado que con tiempos de fritura cortos y temperaturas de freído elevadas, la dureza del producto final se puede dar por la rápida formación de la costra (Bertrand, 2006) lo cual evita el desplazamiento del agua desde interior del alimento hacia la superficie del mismo, quedando atrapada en las paredes del producto y ocasionando fragilidad. Las diferencias en la textura entonces están asociadas con el proceso de gelatinización y retrogradación del almidón en las formulaciones de las botanas experimentales.

5.4 Evaluar el efecto de la combinación de los tres tipos de botanas.

En una prueba triangular de degustación, se utilizan muestras de alimentos o soluciones idénticas excepto en lo que respecta a una característica de sabor y textura, tres muestras codificadas son presentadas a los panelistas en orden aleatorio; una muestra es diferente y las otras dos son iguales, se pide a los panelistas que seleccionen la muestra diferente, para evaluar la significancia de los resultados, se utiliza la tabla binomial de un extremo, la prueba de un extremo es apropiada, ya que se sabe que una muestra es diferente y por lo tanto sólo hay una posibilidad de respuesta correcta, aquí la probabilidad de elegir por casualidad la muestra correcta es $1/3$. En la prueba triangular, se suma el número de panelistas que han identificado correctamente la muestra diferente y el total se somete a la prueba de significancia (Watts *et al.*, 1992). Esta prueba sensorial se hizo porque al final los tres tipos de botanas se combinaron en un envase de 50 gramos, y se quería tener la noción si el consumidor diferenciaría las diferentes botanas si son combinadas. En la Figura 46 se muestra el número de personas que eligieron cada código en la evaluación A (chayote), B (jícama) y C (quelite).

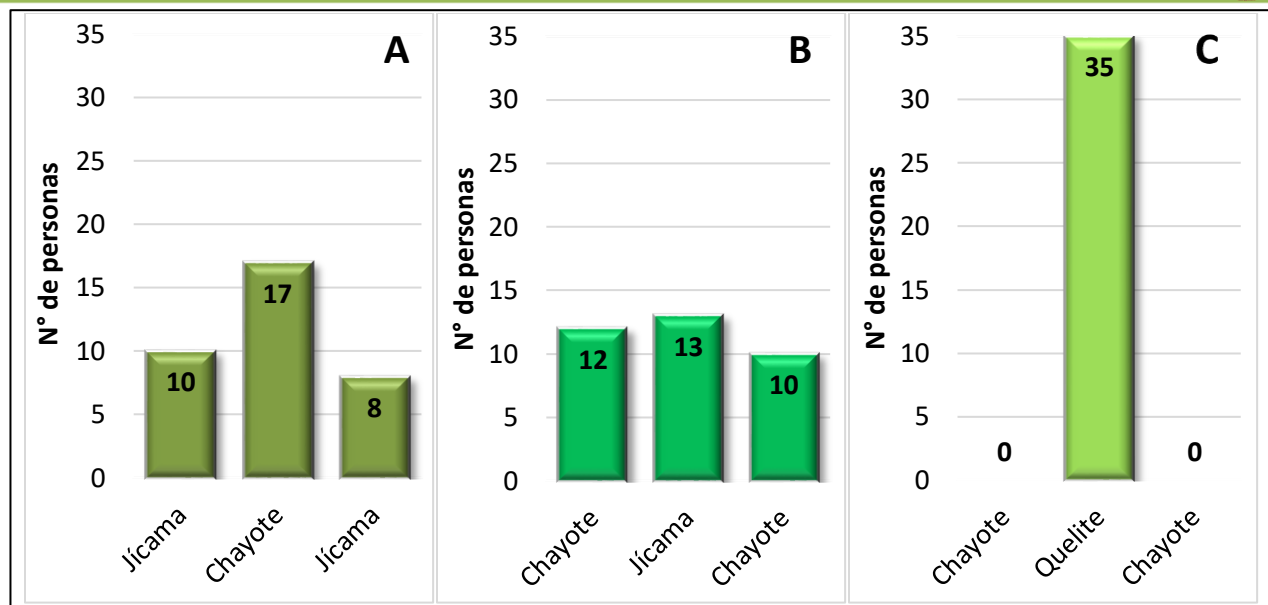


Figura 45. Resultados de la prueba triangular: (A) Muestra diferente chayote; (B) Muestra diferente jícama; (C) Muestra diferente quelite.

De acuerdo a la tabla binomial de un extremo de Watts *et al.*, (1992) y a los resultados de la Figura 46, se concluye que las muestras en la evaluación A (chayote) fueron significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.044, ya que 17 de los 35 panelistas eligieron correctamente la muestra diferente. Para la evaluación B (jícama) no fue significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.376, ya que 13 de los 35 panelistas eligieron correctamente la muestra diferente. Para la evaluación C (quelite) fue significativamente diferentes a un nivel de probabilidad de 0.001, ya que los 35 panelistas eligieron correctamente la muestra diferente.

Con base a los resultados obtenidos de la prueba triangular y a los resultados de las pruebas sensoriales de los apartados 5.2.1 y 5.3.1, se puede concluir que la botana de quelite fue la que obtuvo la menor calificación sensorialmente a comparación de las botanas de jícama y chayote, por lo tanto en el producto final se colocaron 10 g de botana frita de quelite, 20 g de botana frita de jícama y 20 g de botana frita de chayote.

5.5 Estudio de vida de anaquel.

La vida de anaquel indica el nivel comestible aceptable desde el punto de vista de seguridad y organoléptica, depende de cuatro principales factores: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. El objetivo es almacenar la combinación producto-empaque bajo condiciones abusadas de prueba, examinar el



producto periódicamente hasta que ocurra el final de la vida en anaquel y luego usar estos resultados para proyectar la vida en anaquel del producto bajo condiciones reales de distribución (Cordón-Orellana, 2007).

En los anexos se muestra el comportamiento del deterioro de los parámetros evaluados de la botana durante su almacenamiento: parámetros de calidad (luminosidad, humedad, textura, índice de Kreiss, índice de acidez) y sensoriales (color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general), los cuales no sufrieron ningún efecto en función al tiempo en ninguna de las temperaturas en las que se mantuvieron, esto indicando que la botana no sufrió ninguna alteración que nos pudiera dar una pendiente de degradación y obtener una constante de velocidad de reacción para estimar su tiempo de vida aproximado.

Cabe resaltar que se evaluó el coeficiente de correlación más cercano a 1 obtenido de las regresiones lineales de los datos crudos, dichos datos se muestran en la Tabla 21, se obtuvo que el índice de peróxidos fue el parámetro en el que se obtuvieron los valores de coeficiente de correlación más cercanos a 1 a las tres temperaturas de estudio en ambos envases (celofán y metalizado), utilizando dicho parámetro para determinar la vida útil del producto.

Tabla 21. Coeficientes de correlación (r^2) de los parámetros determinados en la botana a las diferentes temperaturas de estudio.

Parámetro evaluado	Envase	Coeficiente de correlación (r^2)		
		25°C	35°C	45°C
Luminosidad	Celofán	0.9527	0.415	0.7249
	Metalizado	0.8887	0.979	0.4015
Humedad	Celofán	0.1728	0.5864	0.4576
	Metalizado	0.2196	0.7493	0.847
Textura (dureza y fracturabilidad)	Celofán	0.006	0.0008	0.1976
	Metalizado	0.1786	0.0435	0.0563
Índice de Peróxidos***	Celofán	0.9978	0.9139	0.9056
	Metalizado	0.9918	0.9109	0.9534
Índice de Kreiss	Celofán	0.22	0.0818	0.0826
	Metalizado	0.1998	0.0002	0.0427
Índice de acidez	Celofán	0.9527	0.9221	0.7114
	Metalizado	0.8954	0.8998	0.9049



Tabla 21. Coeficientes de correlación (r^2) de los parámetros determinados en la botana a las diferentes temperaturas de estudio.

(Continuación)

Parámetro evaluado	Envase	Coeficiente de correlación (r^2)		
		25°C	35°C	45°C
Color	Celofán	0.3322	0.1596	0.0109
	Metalizado	0.0274	0.072	0.0586
Olor	Celofán	0.7688	0.0147	0.3513
	Metalizado	0.0498	0.0015	0.0003
Sabor	Celofán	0.7885	0.121	0.4122
	Metalizado	0.3753	0.2112	0.0269
Textura	Celofán	0.0485	0.0119	0.0095
	Metalizado	0.1327	0.1125	4.00E-05
Aceptabilidad general	Celofán	0.0033	0.0768	0.2665
	Metalizado	0.0119	0.0768	0.0118

La vida útil de un producto depende de muchos factores, como por ejemplo: ambientales, humedad, temperatura a la cual se expone, el proceso térmico que sufre, de la calidad de las materias primas que lo componen, entre otros. El resultado de la exposición a estos factores produce cambios en las cualidades del alimento que impide su comercialización como puede ser la pérdida de nutrientes, cambios de sabor, color o textura (García-Baldizón *et al.*, 2011). Casp y April (2003) indicaron que hay un determinado tiempo, después de haber elaborado el producto, en el que se mantienen sus propiedades sensoriales y de seguridad, bajo determinadas condiciones de almacenamiento. El final de la vida útil de un producto se alcanza cuando ya no mantiene las cualidades requeridas para que el consumidor final lo utilice (Kuntz, 1991).

Los estudios de vida útil acelerados permiten obtener información en tiempos relativamente cortos bajo condiciones controladas y temperaturas mayores a las de almacenamiento y comercialización para permitir que las reacciones de deterioro se aceleren y se obtenga una respuesta en un tiempo comparativamente corto respecto a otros métodos (García-Baldizón *et al.*, 2011).

Los coeficientes de correlación lineales estuvieron por debajo de 1, lo cual indica que el producto sensorialmente no presentó cambios que el consumidor pudiera detectar para



arrojar datos que permitiera obtener un grado de asociación lineal entre las variables cuantitativas evaluadas (color, olor, sabor y textura), lo cual se contrasta con los datos obtenidos en los parámetros de calidad evaluados (luminosidad, humedad, dureza, fracturabilidad, índice de Kreiss e índice de acidez), es decir la calidad del producto se mantuvo durante los 35 días que se evaluó a las diferentes temperaturas de almacenamiento, a excepción de los peróxidos, los cuales se incrementaron con el aumento de la temperatura de almacenamiento, lo cual se analiza más adelante.

Con base a lo mencionado anteriormente y a la Tabla 21, se determinó que los mejores valores de r^2 fueron los más cercanos a 1 en el parámetro de índice de peróxidos, los resultados de la cinética de degradación de los peróxidos en función del tiempo para cada temperatura se muestran en la Figura 46 (A) para el envase de celofán y en la Figura 46 (B) para el envase metalizado. La pendiente (m) en cada una de ellas representa la constante de velocidad reacción (k) o el deterioro de los peróxidos.

En la Figura 46 (A) se puede observar que en el día cero el índice de peróxidos fue nulo, para el envase de celofán, y fue incrementando conforme los días de almacenamiento y aumentando conforme aumentó la temperatura de estudio, llegando el día 35 a la temperatura de 45° a un valor de 32 meq de peróxido/1000 g muestra). Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$) a las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35°C y si se presentó diferencia significativa ($\rho \leq 0.05$) en la temperatura de 45°C.

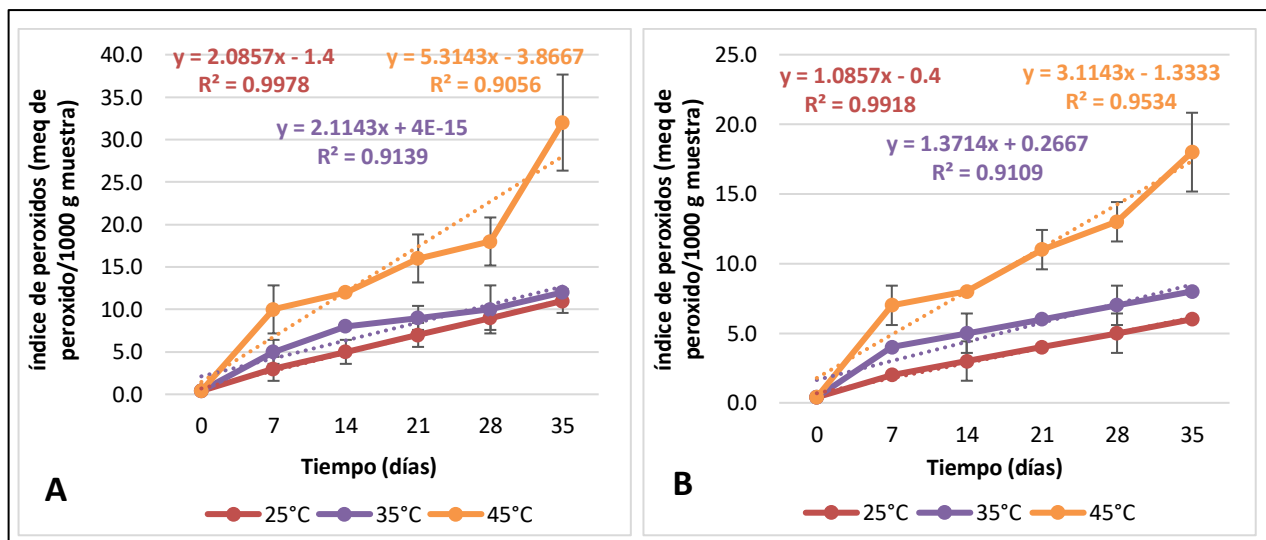


Figura 46. Comportamiento de deterioro del índice de peróxidos de la botana de orden cero a diferentes temperaturas de almacenamiento (A) envase de celofán; (B) envase metalizado.



En la Figura 46 (B) se puede observar que en el día cero no se detectaron trazas de peróxidos, sin embargo el índice de peróxido fue incrementando conforme los días de almacenamiento y aumentando conforme aumenta la temperatura de estudio, además que el comportamiento fue lineal, en el día 35 a la temperatura de 45° se tuvo un valor de 18 meq de peróxido/1000 g muestra). Estadísticamente no hubo diferencia significativa ($\rho \geq 0.05$) a las temperaturas de almacenamiento de 25 y 35°C y si se presentó diferencia significativa ($\rho \leq 0.05$) en la temperatura de 45°C.

El incremento de los peróxidos en la botana se debe a que la velocidad de oxidación crece con un incremento en la temperatura, con la exposición al oxígeno del aire, presencia de luz y contacto con materiales que son considerados como pro-oxidantes (Lawson, 1999). Recalcando, la oxidación de las grasas es un efecto químico que da lugar a peróxidos en el sistema, en el que los dobles enlaces de los ácidos grasos constituyentes reaccionan con el oxígeno del aire formando compuestos que al descomponerse originan otros, a los cuales se les atribuye el olor y sabor desagradables característicos de las grasas oxidadas, y es esto lo que se conoce con el nombre de rancidez (Rivera *et al.*, 2014).

Se ha reportado en la bibliografía que en los aceites se han detectado características de rancidez (olor y sabor) a partir de los 40 meq O₂/Kg (Paz *et al.*, 2001). La determinación de la vida útil se hizo con este valor de referencia, en la Tabla 22 se muestran las regresiones lineales obtenidas de los gráficos presentados en la Figura 47.

Tabla 22 . Regresiones lineales obtenidas para el índice de peróxidos a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Temperatura	Regresiones lineales	
	Celofán	Metalizado
25°C	$Vector = 2.0857 \cdot t - 1.4$	$Vector = 1.0857 \cdot t - 0.4$
35°C	$Vector = 2.1143 \cdot t + 4E-15$	$Vector = 1.3714 \cdot t + 0.2667$
45°C	$Vector = 5.3143 \cdot t - 3.8667$	$Vector = 3.1143 \cdot t - 1.3333$

Con las tres constantes obtenidas por mínimos cuadrados, y representadas por los valores de la pendiente en las ecuaciones de la Tabla 22, para las tres temperaturas estudiadas se construyó un gráfico del Ln k en función de 1/T en Kelvin, en la Figura 47



(A) se muestra el gráfico para el envase de celofán y en la (B) para el envase metalizado, con las que se determinó la energía de activación.

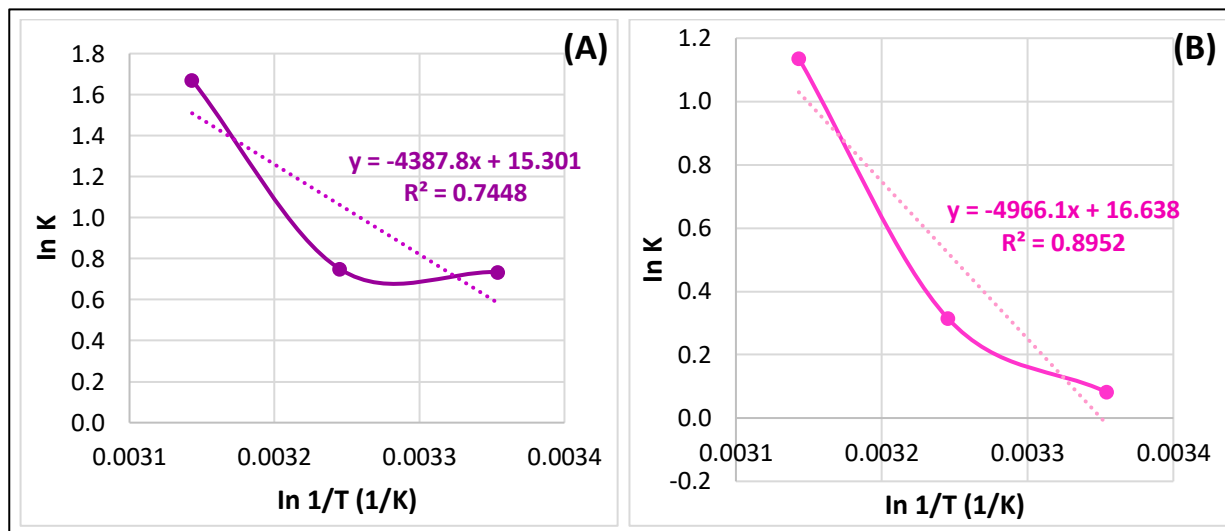


Figura 47. Comportamiento logarítmico del deterioro del índice de peróxidos de la botana de orden cero a diferentes temperaturas de almacenamiento en el envase de celofán (A) y en envase metalizado (B).

La energía de activación se puede definir como la mínima energía que deben poseer las moléculas antes de que ocurra la reacción y el término exponencial es la fracción de moléculas que poseen esta energía mínima. La energía de activación se utiliza con frecuencia para describir el valor de Q_{10} (Casp y April, 2003). Se sabe que al aumentar la temperatura predominan las reacciones de mayor energía de activación lo cual pudiera ser causante de pérdidas de calidad de un producto (Giraldo-Gómez, 1999).

En la Tabla 23, se muestra la ecuación ajustada por mínimos cuadrados que se obtuvo para ambos envases, de la cual se despejó la energía de activación.

Tabla 23. Valor de la energía de activación para la botana en dos tipos de envase almacenado a diferentes temperaturas.

Celofán	Metalizado
$\ln k = 15.301 - 4387.8 \cdot \frac{1}{T}$	$\ln k = 16.638 - 4966.1 \cdot \frac{1}{T}$
El valor de energía de activación que se obtiene de estas ecuaciones es de:	
$E_a = 36\,482 \text{ J/mol}$	$E_a = 41\,290.49 \text{ J/mol}$

Torres *et al.*, (2001) indican que la energía de activación para reacciones de oxidación de lípidos se encuentra en el ámbito de 41 842 J/mol a 104 605 J/mol, lo cual concuerda



con lo reportado por Cantillo y Fernández (1994) mencionan que la E_a para la oxidación de lípidos es de 41867.9 J/mol a 104669.9 J/mol.

Los resultados obtenidos en este estudio se encuentran debajo de dicho ámbito, esto se debe a que como se aceleraron las reacciones de deterioro al someter al producto a temperaturas altas (35 y 45°C) en consecuencia la velocidad de reacción fue muy alta y como consecuencia la energía de activación resultante es baja, es decir que con los días de estudio en este experimento no se alcanzó el valor de referencia para la oxidación de lípidos, lo cual es favorable para el producto ya que no se desarrollan tantos peróxidos a la temperatura ambiente de almacenamiento (25°C) en ambos envases. La E_a en el envase metalizado fue mayor debido a que la regresión lineal de los datos fue mejor a comparación del envase laminado, es decir existe una mejor relación lineal entre los datos cada 10°C, a comparación del envase de celofán, en el que no existió diferencia entre los peróxidos a 25°C (10 meq O_2 /Kg) y los peróxidos a 35°C (11 meq O_2 /Kg), afectando en el gráfico de $\ln K$ vs $\ln 1/T$, ya que el punto a 35°C está fuera de la línea de regresión lineal.

Retomando los peróxidos, la Profeco en el 2008 elaboró un estudio en papas fritas envasadas sobre su contenido de peróxidos, clasificando a los productos de baja tendencia con valores menores a 4 meq/kg, con tendencia media los que estuvieron entre 4 y 8 meq/kg, y con tendencia alta los que tuvieron más de 9 meq/kg. Con el envase metalizado en el día 35 a la temperatura de 25°C se obtuvieron 6 meq/Kg, clasificando a la botana en productos con tendencia media a la rancidez. En este mismo estudio se reportó que algunos snacks a base de papa de la marca Pringles presentan 12.6 meq/Kg, JulyMoy presentó 8.7 meq/Kg y Moy's obtuvo 15.8 meq/Kg de peróxidos, todos estos valores entran en el rango establecido por el CODEX STAN 210–1999 para aceites vegetales, ya que permite hasta 15 meq de peróxidos/Kg de aceite o grasa, cabe recalcar que el índice de peróxidos obtenidos con el empaque de celofán igual entra en el límite a las temperaturas de 25 y 35°C, no obstante a la temperatura de almacenamiento de 45°C los peróxidos se incrementan en ambos envases, dando pauta a que el producto tendría ciertas limitaciones al momento de ser comercializado en lugares que presenten



temperaturas altas, por ejemplo en Sonora, México (48°C) o a nivel internacional en la India (49°C), por lo tanto el mejor envase es el metalizado.

Es importante mencionar que los peróxidos aumentan en mayor proporción en aceites vegetales a temperaturas elevadas como en el caso del aceite de soya, debido a su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, esto se debe a que los ácidos grasos con más insaturaciones necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de oxígeno en comparación con los ácidos grasos con menos insaturaciones, lo cual hace que sea más susceptible a la oxidación (Hurtado y Cecilia, 2011), y para freír las botanas se utilizó aceite de soya.

El tiempo de vida útil a una temperatura determinada (\emptyset_s) del producto se observa en la Tabla 24, donde se obtuvo que conforme se incrementa la temperatura de almacenamiento del producto disminuye el tiempo de vida útil en días, destacando que con el envase metalizado la vida útil fue mayor a una temperatura de 25°C (37 días) a comparación del envase de celofán (20 días).

Tabla 24. Vida útil de la botana a las diferentes temperaturas de almacenamiento en dos tipos de envase (celofán y metalizado).

Temperatura	\emptyset_s experimental (Días)		Log q_s	
	Celofán	Metalizado	Celofán	Metalizado
25°	20	37	1.30	1.57
35°C	19	29	1.27	1.46
45°C	8	13	0.91	1.12

Cabe destacar, que uno de los aspectos que influyen en la vida útil de los alimentos es la interacción envase-producto, la vida útil de los alimentos está limitada básicamente por los fenómenos de transferencia de masa que pueden afectar la calidad y/ o inocuidad del producto. Analizando el tipo de envase empleado en este estudio, se sabe que algunos componentes pueden penetrar en la estructura de un film polimérico causando pérdidas de aromas, o bien un cambio en las propiedades de barrera y/o mecánicas, dando como resultado una disminución en la percepción del consumidor de la calidad del producto (Huanchi-Sierra, 2013).



Los componentes de los alimentos como las proteínas, los carbohidratos, las grasas y la humedad, pueden ser absorbidas por el polímero afectando las propiedades mecánicas y de barrera del polímero (Hirose *et al.*, 1998).

Las bolsas de celofán están elaboradas con celulosa regenerada, aunque en el mercado igual existen bolsas de celofán que sustituyen la celulosa por polipropileno. En general el celofán es una película fina, transparente, flexible, e impermeable a la humedad y a la mayoría de aromas, sin embargo, es difícil de termosellar, pudiendo dejar pequeños orificios en el envase al momento de ser sellados (Imprexa, 2019; Huanchi-Sierra, 2013).

Las bolsas metalizadas están conformadas generalmente por 2 o más capas de diferentes sustratos (polietileno, policloruro de vinilideno, policloruro de vinilo, tereftalato de polietileno) unidas entre sí por medio de adhesivos resistentes a ataques químicos y certificados para formar parte de una bolsa para alimentos, agroquímicos, cosméticos, farmacéuticos, etc. Tienen como ventaja que hacen barrera al oxígeno, al aire, a la humedad u oxidación para proteger el producto, son termosellables (Alfipa, 2019).

De acuerdo a los datos obtenidos en el estudio de vida útil acelerada, se concluye que el empaque metalizado da mayor protección contra la oxidación, evitando la rancidez del producto así como cambios en las propiedades sensoriales que repercuten en cambios de sabor.

Finalmente la ecuación para estimar la vida útil de la botana para diferentes temperaturas de almacenamiento se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25. Ecuación de la vida útil de la botana en diferentes envases (celofán y metalizado).

Celofán	Metalizado
$\text{Log vida útil} = 1.8306 - 0.0191 \cdot (T)$	$\text{Log vida útil} = 2.1687 - 0.0224 \cdot (T)$
Y despejando la ecuación anterior se obtiene:	
$\text{Vida útil} = 10^{(1.8306 - 0.0191 \cdot T)}$	$\text{Vida útil} = 10^{(2.1687 - 0.0224 \cdot T)}$

El signo negativo en la pendiente representa el factor de degradación del parámetro en función a la temperatura de exposición (García y Molina, 2008), con esta ecuación se



puede predecir el tiempo de vida útil de la botana a cualquier temperatura de almacenamiento, siempre y cuando la temperatura sea el factor de alteración del mismo. En la Tabla 26 se presenta el valor de Q_{10} obtenido durante el estudio de vida acelerada de la botana, el cual representa el factor de aceleración de la reacción de deterioro.

Tabla 26. Valores reales de Q_{10} para cada intervalo de temperatura.

Temperatura	Q_{10} real	
	Celofán	Metalizado
45 – 35 °C	2.37	2.23
35 – 25 °C	1.05	1.27

El factor de aceleración Q_{10} es una manera práctica y confiable de predecir el efecto de las variaciones de temperaturas de almacenamiento en un alimento, el cual indica el número de veces que se modifica la velocidad de una reacción de deterioro cuando la temperatura es variada en 10°C. Los investigadores establecen que el modelo Q_{10} puede ser usado para describir que tan rápida puede ir una reacción, incluyendo las altas temperaturas. Si el factor de aceleración de temperatura es dado, entonces se extrapola para temperaturas más bajas (Róndon *et al.*, 2004).

En el caso particular de la botana, podemos asociar la no alteración de sus parámetros sensoriales a que es un producto de baja humedad, cabe recalcar que los microorganismos tienen una necesidad perentoria de agua, ya que sin agua no es posible que exista crecimiento, a excepción por mohos, por lo tanto algunos de los parámetros evaluados no se alteraron por presencia de microorganismos o reacciones químicas inherentes al producto o causadas por enzimas presentes en ellos (Frazier y Westhoff, 1993), ayudando a que la botana conservara sus características sensoriales, ya que durante los 35 días de estudio por parte de los consumidores obtuvo calificaciones similares pasando del 6 (Me gusta ligeramente) al 5 (Ni me gusta, ni me disgusta).

Por otro lado, en la Tabla 27 se muestra el seguimiento de los parámetros microbiológicos que se efectuaron a lo largo del estudio de vida de anaquel acelerada de la botana, se puede observar que en las diferentes temperaturas en las que se almaceno



el producto durante los 35 días hubo crecimiento de microorganismos insignificante que pudieran llegar a degradar la botana.

Tabla 27. Seguimiento microbiológico de la vida de anaquel acelerada en la botana.

Temp (°C)	25°C			35°C			45°C		
Envase metalizado									
Tiempo (días)	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Mohos y levaduras (UFC/g)
0	≤10	8x10 ²	1.5x10 ²	≤10	8x10 ²	1.5x10 ²	≤10	8.0x10 ²	1.5x10 ²
7	≤10	7.6x10 ²	1.4x10 ²	≤10	8.1x10 ²	2.1x10 ²	≤10	8.0x10 ²	2.1x10 ²
14	≤10	6.4x10 ²	3.1x10 ²	≤10	6.3x10 ²	2.0x10 ²	≤10	7.3x10 ²	1.1x10 ²
21	≤10	8.4x10 ²	1.2x10 ²	≤10	9.2x10 ²	1.7x10 ²	≤10	6.7x10 ²	1.0x10 ²
28	≤10	2.3x10 ³	4.1x10 ²	≤10	2.3x10 ³	3.4x10 ²	≤10	1.1x10 ³	3.2x10 ²
35	≤10	1.5x10 ³	3.8x10 ²	≤10	1.3x10 ³	1.9x10 ²	≤10	1.1x10 ³	2.2x10 ²
Envase de celofán									
0	≤10	8.0x10 ²	1.5x10 ²	≤10	8.0x10 ²	1.5x10 ²	≤10	8.0x10 ²	1.5x10 ²
7	≤10	8.6x10 ²	1.9x10 ²	≤10	7.3x10 ²	1.7x10 ²	≤10	9.5x10 ²	2.0x10 ²
14	≤10	6.1x10 ²	3.4x10 ²	≤10	6.6x10 ²	1.6x10 ²	≤10	8.6x10 ²	2.8x10 ²
21	≤10	1.3x10 ³	4.3x10 ²	≤10	1.1x10 ³	3.6x10 ²	≤10	6.6x10 ²	2.2x10 ²
28	≤10	1.5x10 ³	5.4x10 ²	≤10	1.6x10 ³	4.4x10 ²	≤10	1.7x10 ³	4.1x10 ²
35	≤10	1.9x10 ³	4.6x10 ²	≤10	1.6x10 ³	3.7x10 ²	≤10	1.7x10 ³	4.5x10 ²

En el PROY-NOM-216-SSA1-2002 se especifica que el límite máximo de coliformes totales en una botana no debe exceder los 50 UFC/g, la presencia de microorganismos coliformes son indicadores de la eficiencia de los procesos de sanitización, desinfección y buenas prácticas de manufactura durante el proceso de elaboración, a lo largo de la vida de anaquel no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en el conteo de coliformes totales en los días 0, 7, 14, 21, 28 y 35 a las tres temperaturas de estudio (25, 35 y 45°C) para ambos empaques (celofán y metalizado).

Existe una norma que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano del Codex Alimentarius (2003), en el apartado 9.5 especifica que para “productos cocidos de consumo directo, como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, y otros similares” existe un límite



microbiológico que separa la calidad aceptable de la rechazable, para los mesófilos aerobios indicó que el límite máximo es de 10^4 , para mohos 10^2 y para levaduras 10^2 , en el estudio de vida de anaquel acelerado hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los mesófilos aerobios a las diferentes temperaturas de almacenamiento, mostrando un incremento en una escala logarítmica a partir del día 28 para el envase metalizado y en el envase de celofán se incrementaron a partir del día 21, cumpliendo con los límites máximos establecidos por la norma mencionada anteriormente.

Los hongos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, porque son frecuentes en la microbiota habitual de muchos alimentos; se dispersan fácilmente por el aire y el polvo, son un grupo indicador de la contaminación general de en alimentos y del riesgo de desarrollo de hongos toxigenicos en alimentos como frutos secos, especias, cereales y otros granos, y sus derivados (Koburger y Marta, 1984).

Según la NOM-247-SSA1-2008 no hay un límite establecido para este tipo de microorganismos sin embargo, se sabe que este tipo de microorganismos son capaces de proliferar en alimentos con un porcentaje de humedad bajo (Zeballos, 2002). De acuerdo a la norma del Codex Alimentarius, mencionada anteriormente, se cumple con el límite máximo permitido para que el alimento sea aceptable para el consumo humano, con base al estudio de vida de anaquel acelerado hubo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) para los mohos y levaduras a las diferentes temperaturas de almacenamiento en los dos tipos de envase (celofán y metalizada), presentando mayor conteo de estos microorganismo en el empaque de celofán, esto se debe a que el empaque metalizado posee propiedades de barrera: resistente al agua, a los gases, a la grasa, a la luz, contra vapores, gases y aromas, en comparación con la película de plástico no metalizada (envase de celofán por ejemplo), impidiendo el crecimiento de microorganismos, ya que otro plus de estos empaques son sus características higiénicas con los que son elaborados (Alfipa, 2019).

5.6 Composición química del producto terminado.

La composición química de la botana se determinó para conocer cuál sería su aporte nutrimental y de esta forma determinar el beneficio nutricional de añadir productos hortícolas con esta metodología propuesta.



En la Tabla 28, se muestra la composición química de la botana elaborada mediante una mezcla de harina de maíz-producto hortícola de jícama, chayote y quelite.

Tabla 28. Composición química del producto terminado.

Componente (%)	Mezcla de botanas de maíz enriquecidas con jícama, chayote y quelite
Humedad	2.7 ± 0.24
Proteínas	3.02 ± 0.13
Carbohidratos	57.38 ± 0.26
Azúcares reductores directos	2.21 ± 0.08
Azúcares reductores totales	3.45 ± 0.21
Lípidos	25.94 ± 0.43
Cenizas	9.15 ± 0.40
Fibra dietética	1.81 ± 0.17
Sodio (mg)	26

Como se mencionó anteriormente en el apartado “5.3.3 Humedad de las botanas”, el porcentaje de humedad concuerda con lo reportado por algunos autores que elaboraron botanas fritas con harina de maíz.

Para las proteínas, la harina de maíz nixtamalizada tiene 7.76%, y las materias primas empleadas en base húmeda tienen: jícama (2.42%), chayote (2.89%) y quelite (12.57%), una vez incorporados estos ingredientes en la elaboración de la botana con la metodología propuesta, se obtuvo 3.02% de proteína, dicho porcentaje es bueno si lo comparamos con una botana comercial (takís) que está hecha de harina de maíz y condimentado el cual tiene 2.42% de proteína (Muñoz-Ledo, 2015).

El porcentaje obtenido de carbohidratos es similar con los reportados en botanas comerciales de harina de maíz: takís (56,75%), doritos (57%), fritos (57,1%), etc. (Open Food Facts, 2018); Escobedo-García (2013) reportó que en una botana tipo churrito de 100% maíz nixtamalizado el porcentaje de carbohidratos fue de 80.48%, esto está relacionado a que el componente químico principal del grano de maíz que es el almidón al que corresponde hasta un 73% del peso del grano, estos factores podrían ser influyentes en el contenido de carbohidratos. Se puede decir, que los carbohidratos en



esta botana son una mezcla de los carbohidratos de la harina de maíz y de los productos hortícolas añadidos, los cuales en su mayoría son almidones resistentes, estos almidones resistentes se encuentran de forma natural en granos de cereales, y en algunos vegetales como la papa. La jícama tiene hasta 10%, en base seca de almidón (Martínez-Bustos *et al.*, 2005); el chayote contiene hasta 20% de almidón de alta calidad, similar al de papa (Garzón, 2006). Además el almidón puede tener diversos beneficios para la salud como una mayor sensibilidad a la insulina lo que ayuda a mantener estables los niveles de azúcar en sangre y por ende el hambre a raya, los hidratos de carbono son temidos por la mayoría de las personas ya que se tiene la errónea idea de que son responsables de la obesidad, sin embargo cabe aclarar que los carbohidratos son un importante nutrimento para el organismo ya que son los encargados de suministrar energía al cuerpo (los otros dos son las proteínas y las grasas), principalmente al cerebro y por los músculos en movimiento; los carbohidratos o los azúcares que se comen a diario dentro de las necesidades calóricas, por definición, no provocan aumento de peso. Las Guías Alimentarias recomiendan elegir bien los carbohidratos y no exceder las necesidades calóricas eligiendo alimentos como frutas, vegetales, granos y productos lácteos pues son todos con alto contenido de nutrientes (Alvarado, 2018; Tarka, 2010).

Por otro lado, se obtuvo menor absorción de aceite con esta metodología propuesta, ya que se sabe que los alimentos que retienen más aceite son las papas fritas (33-38%), seguido por frituras de maíz (30-38%), totopos (23-30%), buñuelos (20-25%) y papas a la francesa (10-15%) (Moreira *et al.*, 1999). Algunas botanas de harina de maíz en el mercado reportan en 100 gramos de producto niveles de grasa entre 23.3% (doritos), 35.7% (fritos), 28.6% (takis), 33.3% (runners), etc. (Open Food Facts, 2018). Como se analizó en el apartado “5.3.6 Capacidad de absorción de aceite de las botanas”, se obtuvo menor absorción de grasa añadiendo productos hortícolas en la botana.

El contenido de cenizas fue de 9.15%, recordando que las cenizas es una medida del total de minerales presentes en el alimento, es la medida de la cantidad de componentes inorgánicos específicos, además altos contenidos de minerales pueden retardar el crecimiento de ciertos microorganismos. Acevedo-Ramos (2016) reporto 3.39% de cenizas en una botana de 100% maíz nixtamalizado, Escobedo-García (2013) obtuvo 1.27% de cenizas en churritos elaborados con harina de maíz y Muñoz-Ledo (2015)



reporto 0.33% de ceniza en una botana comercial (takís). El contenido de cenizas se usa como índice de calidad en algunos alimentos como mermeladas y jaleas. En estos productos el contenido de cenizas es indicativo del contenido de frutas en los mismos: por lo tanto, en esta botana un alto contenido en cenizas indica que efectivamente al añadir productos hortícolas se incrementan las cenizas, las cuales contienen elementos de interés nutricional como es el caso del calcio, fósforo, sodio, potasio, magnesio, cloruros, etc. (Badui, 2006).

La fibra dietética, también conocida como fibra alimentaria o alimenticia, incluye las partes de los alimentos vegetales que el cuerpo no puede digerir o absorber. A diferencia de otros componentes de los alimentos, como las grasas, las proteínas o los carbohidratos, que el cuerpo descompone y absorbe, la fibra no es digerida por el cuerpo, pasa relativamente intacta a través del estómago, el intestino delgado y el colon, y sale del cuerpo. La fibra dietética, que se encuentra principalmente en frutas, verduras, granos enteros y legumbres, es probablemente más conocida por su capacidad de prevenir o aliviar el estreñimiento (Mayo Clinic, 2019). Existen alimentos procesados que contienen fibra y pueden brindar beneficios para la salud, se recomienda consumir 2 gramos de fibra alimenticia por porción de colación de granos en la dieta, si se utiliza esta botana como colación o snack en una dieta balanceada, la fibra dietética es similar al de otras botanas comerciales: churritos de amaranto (0.9% de fibra), botana de amaranto Quali (1.75% de fibra), takís (2.36% de fibra insoluble) (Escobedo-García, 2013; García-Velazco, 2017; Muñoz-Ledo, 2015).

5.7 Elaboración de la etiqueta del producto terminado.

La etiqueta consta de una parte delantera y trasera, en la que etiqueta delantera (Figura 48) se describe: nombre de la marca, la cual es “GreenMix”; denominación del alimento o bebida no alcohólica preenvasado, el cual es “Botana de maíz enriquecida con jícama, chayote y quelite”; contenido neto (50 gramos), identificación del lote (01SEP19 SMC), fecha de caducidad o consumo preferente, la cual se determinó con base a la vida útil obtenida en esta experimentación suponiendo 22°C de almacenamiento en Cuautitlán Izcalli dando como fecha de consumo preferente “17 de octubre del 2019” suponiendo que el producto se elaboró el 1 de septiembre del 2019 y el etiquetado frontal nutrimental, el cual consiste en señalar con iconos ciertos nutrimentos (grasa saturada, otras grasas,



azúcares totales, sodio y energía) basado en el porcentaje de nutrimentos diarios para la población mexicana, se obtuvo que una porción de 25 g de botana presento 9 kcal de Grasa Saturada (5% de los nutrimentos diarios), 50 kcal de Otras grasas (13% de los nutrimentos diarios), Azúcares Totales (0.8% de los nutrimentos diarios), Sodio 650 mg (33% de los nutrimentos diarios) y Energía 119 kcal. El envase de 50 g aporta 238 kcal de Energía.



Figura 48. Etiqueta delantera del producto terminado.

En la etiqueta trasera se describe: la lista de ingredientes enumerada por orden cuantitativo decreciente (m/m), nombre, denominación o razón social y domicilio fiscal del responsable del producto (Laboratorios postcosecha), país de origen (México), información nutrimental, declaración del contenido energético en kJ (kcal) por porción la cual es de 25 g, número de porciones por presentación (2 porciones por envase) y el código de barras correspondiente.

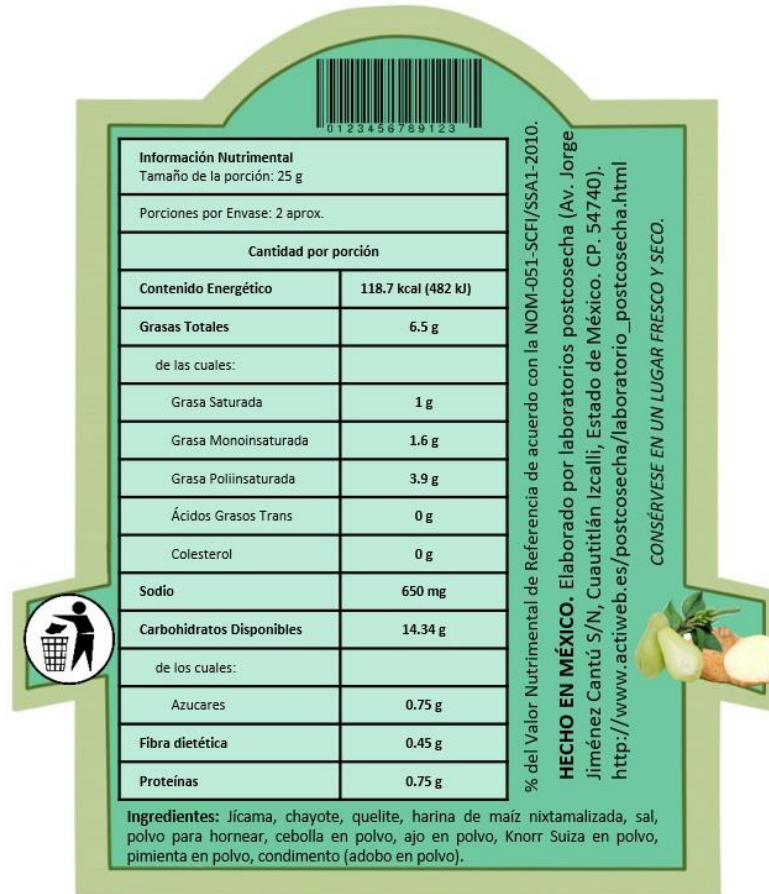


Figura 49. Etiqueta trasera del producto terminado.

En la Figura 49 se muestra la información nutrimental de una porción, se obtuvo que en 25 g de botana se tuvo 6.5 g de grasas totales de las cuales: 1 g es grasa saturada, 1.6 g de grasa monoinsaturada, 3.9 g de grasa poliinsaturada, 0 g de ácidos grasos trans y 0 g de colesterol. Presentó 650 mg de sodio, 14.34 g de carbohidratos disponibles de los cuales 0.75 g son azúcares, también tuvo 0.45 g de fibra dietética y 0.75 g de proteínas.

También se presentan los ingredientes que fueron empleados en la elaboración de dicha botana: jícama, chayote, quelite, harina de maíz nixtamalizada, sal, polvo para hornear, cebolla en polvo, ajo en polvo, Knorr Suiza en polvo, pimienta en polvo, condimento (adobo en polvo).



Conclusiones

“El caos no es un foso, es una escalera. Muchos intentan subirla y fracasan. Nunca podrán hacerlo de nuevo. La caída los destroza. Pero otros, si se les deja subir, se aferrarán al reino, o a los dioses, o al amor. Espejismos, solo la escalera es real, el ascenso es todo lo que hay”.

- Petyr Baelish



6. Conclusiones.

✚ En la caracterización química de la materia empleada se identificó que los componentes nutricionales (en base húmeda) más importantes en el quelite fue su contenido de proteínas (12.57%), fibra cruda (2.35%) y ceniza (2.14%); la jícama destacó por su contenido en carbohidratos (5.34%) al igual que el chayote (4.38%), por lo que son aptos para ser utilizados en la elaboración de la botana.

✚ El quelite después de ser procesado en la botana su sabor amargo quedó impregnado en la botana, el cual es dado por los fenoles y flavonoides, afectando en la evaluación sensorial cuando se utilizó 30% y 40% de quelite, ya que los panelistas prefirieron la botana con 20% de esta hortaliza a comparación de las botanas de jícama y chayote, siendo las más aceptadas las que contenían 50% de producto hortícola.

✚ Los panelistas prefirieron la botana frita sobre la botana horneada en cuanto a los atributos sensoriales de sabor y textura; en el análisis de perfil de textura se encontró que al someter la botana a un proceso de fritura la dureza y la fracturabilidad se ven mejoradas; la humedad en las botanas fritas fue menor a comparación de las botanas horneadas; en cuanto a los compuestos bioactivos (capacidad antioxidante y fenoles totales) se concluye que la operación unitaria menos drástica que afecta estos compuestos es el horneado; se logró disminuir la capacidad de absorción de aceite en la botana añadiendo productos hortícolas a la formulación.

✚ En todas las evaluaciones sensoriales llevadas a cabo, se determinó que los panelistas prefirieron más la botana de jícama y chayote a comparación de la botana de quelite, por lo que en el producto final se decidió añadir 20 g de botana de jícama, 20 g de botana de chayote y 10 g de botana de quelite frita, ya que fue la mejor aceptada sensorialmente.

✚ Con el estudio de vida de anaquel acelerada se obtuvo que con el envase metalizado se logró la mayor vida útil del producto (37 días a 25°C) a comparación del envase de celofán (20 días a 25°C), utilizando los peróxidos para determinarla. La energía de activación que se obtuvo para el envase metalizado fue de 41 290 J/mol y para el envase de celofán fue de 36 428 J/mol. Para el caso del Q_{10} para cada intervalo de temperatura fue de 1.27 (35-25°C) y 2.23 (45-35°C) para el envase metalizado y de 1.05 (35-25°C) y 2.37 (45-35°C) para el envase de celofán. Las botanas se elaboraron



siguiendo las buenas prácticas de manufactura, lo cual que se vio reflejado en la carga microbiana, ya que entro en los límites máximos permitidos.

✚ La composición química del producto arrojo que la botana tiene 3% de humedad, 3% proteína, 57% carbohidratos, 26% lípidos, 9% ceniza, 2% fibra dietética y 26 mg de sodio.

✚ Con base a la composición química del producto se determinó que en 25 g de botana hay 6.5 g de grasas totales, 650 mg de sodio, 14.34 g de carbohidratos disponibles, 0.45 g de fibra dietética y 0.75 g de proteína, datos necesarios para la elaboración de la etiqueta del producto.



Recomendaciones

“Es un mundo grande y hermoso,
y la mayoría de nosotros vivimos y morimos
en el mismo rincón donde nacimos,
y nunca llegamos a ver nada de eso”.

- Oberynt Martell



7. Recomendaciones.

✚ Valuar la composición química de otras materias primas endémicas de México para mejorar el aporte nutricional de botanas en el mercado añadiéndolos en sus formulaciones.

✚ Valorar el efecto de añadir las materias primas secas/deshidratadas en la formulación de la botana propuesta en este proyecto.

✚ Evaluar un pretratamiento en los pellets antes del freído, para comprobar si se disminuye la capacidad de absorción de aceite de las botanas.

✚ Efectuar el análisis químico proximal de las botanas por separado (botana de jícama, botana de chayote y botana de quelite) para comercializar por separado en lugar de una mezcla.



Referencias

“Un lector vive mil vidas antes de morir,
aquel que nunca lee, vive sólo una”.

- Jojen Reed



- Acevedo-Ramos R. E. (2016). Elaboración de una botana “tipo churruto” a base de harinas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y Maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Akubugwo I. E., Obasi N. A., Chinyere G. C., Ugbogu A. E. (2007). Nutritional and chemical value of *Amaranthus hybridus* L. leaves from Afikpo, Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 6 (24): 2833-2839.
- Alfipa (2019). Metallized PET film: ¿What can PET met be used for? Recuperado (2019, julio 17): <https://alfipa.com/applications/metallized-pet-met-foil/>
- Alvarado F. (2018, enero 18). El consumo de carbohidratos puede ser muy benéfico. Recuperado (2019, junio 22): <https://www.eluniversal.com.mx/menu/no-le-temas-los-carbohidratos>
- Alvis-Bermúdez A., Vélez-Pasos C., Arrázola-Peternina G. (2010). Efecto de las condiciones de freído sobre la pérdida de humedad y ganancia de aceite en trozos de ñame (*Dioscorea alata*). *Ingeniería e Investigación*, 30 (1).
- Amiryousefi M., Mohebbi M., Khodai-Yan F. (2014). Applying an intelligent model and sensitivity analysis to inspect mass transfer kinetics, shrinkage and crust color changes of deep-fat fried ostrich meat cubes. *Revista Meat science*, 96: 172-178.
- A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis. 15 th Edition. U.S.A.
- Aquino-Bolaños E. N. y Mercado-Silva E. (2004). Effects of polyphenol oxidase and peroxidase activity, phenolics and lignin content on the browning of cut jicama. *Postharvest Biology and Technology*, 33: 275-283.
- Arévalo-Galarza Ma. de Lourdes C., Cadena-Iñiguez J., Romero-Velázquez S. D., Tlapal-Bolaños B. (2011). *GISeM: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 3: Chayote: Manejo Postcosecha*. México: Colegio de Postgraduados.
- Arias-García R. M. E., Chávez-Castellanos Á. E., Herrera-Nájera R., Morales de León J., Pedroza-Islas R., Salazar-Zazueta A., Durán de Bazúa C. (2007). Condiciones de operación de extrusores de tornillo simple para mezclas de harina de trigo. Parte 1: Pruebas de laboratorio. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 22 (2): 53-66.
- Arrabal M.V. y Ciappini M.C. (2000). Prueba de aceptabilidad en miel. *Invenio*, 3 (4-5): 141-147.
- Arrobo-Reyes J. (2013). La fruta de jícama una alternativa de nutrición y salud. *Revista científica Yachana*, 2 (2): 219-223.
- Asami D. K., Hong Y. J., Barrett D. M., Mitchell A. E. (2003). Comparison of total phenolic and ascorbic acid content of freeze dried and air dried marionberry, strawberry and corn grown using conventional, organic and sustainable agricultural practices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1237-1241.
- Avendaño-Arrazate C. H., Cadena-Iñiguez J., Arévalo-Galarza Ma. de Lourdes C., Campos-Rojas E., Cisneros-Solano V. M., Aguirre-Medina J. F. (2010). Las Variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización. México: Grupo Interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, A.C.
- Badui D. S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Bancomext SNC. (2004, junio 8). Exportaciones de México al mercado hispano de E.U.A. *Periódico El Financiero*: Sección Economía, 18.



- Barquera S., Herrera-Barrera L., Campos-Nonato I., Espinosa J., Flores M., Barriguete J. A., Rivera A. J. (2009). Energy and nutrient consumption in adults: Analysis of the Mexican National Health and Nutrition Survey 2006. *Salud Pública Mex*, 51 Suppl 4: S562-73.
- Basilio-Heredia J. y Cisneros-Zevallos L. (2009). The effects of exogenous ethylene and methyl jasmonate on the accumulation of phenolic antioxidants in selected whole and wounded fresh produce. *Food Chemistry*, 115: 1500-1508.
- Basurto-Peña F., Martínez-Alfaro M. A., y Villalobos-Contreras G. (1998). Los quelites de la Sierra Norte de Puebla, México: inventario y formas de preparación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 62: 49-62.
- Basurto-Peña F. (2011). Los quelites de México: especies de uso actual. En: Mera, O.L.M., D. Castro D., y R. Bye. (compiladores). *Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria*. UNAM- SNICS- SINAREFI, México. D.F. 215.
- Berk-Zeki. (2018). *Frying, baking, and roasting*. India: Elsevier, Food process engineering and technology.
- Bernal de Ramírez, I. (1993). *Análisis de alimentos*. Bogotá, Colombia: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Bertrand M. (2006). Utilization of high-oleic rapeseed oil for Deep-fat frying of French fries compared to other commonly used edible oils. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 108 (3): 200-211.
- Bourges-Rodríguez H. y Vargas-Guadarrama L. A. (2015). La cocina tradicional y la salud. *Revista digital universitaria*, 16 (5): 1-11.
- Brenes-Hine A. (2002). Proyecto: Conservación de germoplasma de chayote [*Sechium edule*] y tacaco [*Sechium tacaco* (Pittier) C. Jeffrey] como una base de apoyo para el mejoramiento genético y la producción de semillas. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 18.
- Brito B. y Espín S. (1999). Variabilidad en la composición química de raíces y tubérculos andinos del Ecuador. En *Raíces y Tubérculos Andinos: Avances de la Investigación Tomo 1*. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. 13-23.
- BrookField (2018). CT3 Texture Analyzer. Recuperado de: <https://www.brookfieldengineering.com/products/texture-analyzers/ct3-texture-analyzer>
- Brooks D. D. (1991). Some perspectives on Deep-fat frying. *Inform*, 2 (12): 1091-1095.
- Burciaga-Davila H. C. (2001). Comportamiento Físico-Químico durante el desarrollo del tubérculo de jícama (*Pachyrhizus erosus* L. Urban). Tesis. Maestro en ciencias con especialidad en alimentos. Monterrey, Nuevo León, México.
- Cadena-Iñiguez J., Ruiz-Posadas L.M., Trejo L. C., Sánchez G. P., Aguirre M. J. F. (2001). Intercambio de gases y relaciones hídricas del chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 7 (1): 21-35.
- Cadena-Iñiguez J. (2005). Caracterización morfoestructural, fisiológica, química y genética de diferentes tipos de chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw). Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados, México.
- Cadena-Iñiguez. J., Arévalo-Galarza L., Avendaño-Arrazate C.H., Soto-Hernández M., Ruiz-Posadas L. M., Santiago-Osorio E., Acosta-Ramos M., Cisneros-Solano V. M., Aguirre-Medina J. F., Ochoa-Martínez D. (2007). Production, Genetics, Postharvest Management



- and Pharmacological characteristics of *Sechium edule* (Jacq. Sw.) *Fresh Produce*, 1(1): 41-53.
- Cadena-Iñiguez J. y Arévalo-Galarza Ma. de Lourdes C. (2010). GISem: Rescatando y Aprovechando los Recursos Fitogenéticos de Mesoamérica Volumen 1: Chayote. Colegio de Postgraduados, México.
 - Cai Y., Luo Q., Sunc M., Corke H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74: 2157-2184.
 - Camire M. E., Camire A. A., Krumhar K. (1990). Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 29: 35-57.
 - Canacindra (2014). Cámara Nacional de la Industria de la Transformación. Recuperado (2019, marzo 30): <https://n9.cl/9pcg>
 - Cantillo J. A. y Fernández C.M. (1994). Durabilidad de los alimentos. Métodos de Estimación. Instituto de investigaciones para la industria alimenticia. La Habana Cuba.
 - Cárdenas-Moreno L. A. (2013). Levantamiento de Información para la Acreditación ISO 17025 del Laboratorio de Bromatología de la FIMCP en el Parámetro Humedad. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
 - Casp A. y April J. (2003). Procesos de Conservación de Alimentos. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.
 - Castro-Lara D., Basurto-Peña F., Bye-Boettler R. (2011). Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria. (eds. Castro-Lara D., Mera-Ovando L. M., Bye R.). UNAM-SNICS-SINAREFI, 215.
 - Castro-Lara D., Bye-Boettler R., Basurto-Peña F., Mera-Ovando L. M., Rodríguez-Servín J., Álvarez-Vega J., Morales de León J., Caballero-Roque A. (2014) Revalorización, conservación y promoción de quelites: Una tarea conjunta. *Agro productividad*, 7 (1): 8-12.
 - Cazzaniga A. (2018). Evaluación de la textura de los alimentos: Guía de estudio. Recuperado (2019, junio 27): <http://cort.as/-LinS>
 - Chen L. y Opara U. L. (2013). Approaches to analysis and modeling texture in fresh and processed foods. A review. *Journal of Food Engineering*, 119 (3): 497-507.
 - Codex Alimentarius (2003). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Recuperado (2019, julio 17): <http://cort.as/-LmAU>
 - CODEX STAN 210-1999. Norma del codex para aceites vegetales especificados.
 - Cook O. F. (1901). The chayote: a tropical vegetable. U.S.D.A. Div. Bot. Bull. 28.
 - Cordón-Orellana J. A. (2007). Determinación acelerada de la vida en anaquel de la rosquilla hondureña. Tesis de licenciatura para obtener el título en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras.
 - Coutiño-Estrada B., Vázquez-Carrillo G., Torres-Morales B., Salinas-Moreno Y. (2008). Calidad de grano, tortillas y botanas de dos variedades de maíz de la raza comiteco. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31 (3): 9-14.
 - Davidson I. (2019). Chapter 9 Baking Ovens, Biscuit, Cookie and Cracker Production. USA: Elsevier.



- Dehghan-Shoar Z., Hardacre K. A., Brennan S. C. (2010). The physicochemical characteristics of extruded snacks enriched with tomato lycopene. *Food Chemistry*, 123: 1117-1122.
- Delgado-Nieblas C.I., Zazueta-Morales J.J., Gallegos-Infante J.A., Aguilar-Palazuelos E., Camacho-Hernández I.L., Rocha-Guzmán N.E. (2011). Elaboración y caracterización de Alimentos Botana de Tercera generación expandidos por microondas enriquecidos con harinas de Calabaza Cehualca (*Cucurbita mmoschata* D) y Maíz Amarillo (*Zea mays* L.). *Memorias del Simposium Internacional sobre Tecnologías Convencionales y Alternativas en el Procesamiento de Maíz*. México.
- Diré G., Lima E., Gomes M. L., Bernardo-Filho M. (2003). The effect of chayote (*Sechium edule*) extracts (decoct and macerated) on the labeling of blood elements with Technetium-99m and on the biodistribution of the radiopharmaceutical sodium pertechnetate in mice: an in vitro and in vivo analysis. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(4): 221-227.
- Dobarganes C., Marquez-Ruiz G., Velasco J. (2000) Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102: 521-8.
- Doporto C. M. (2014). Aprovechamiento integral de raíces de ahípa (*Pachyrhizus ahípa*) y sus productos derivados con fines alimentarios. Tesis doctoral. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires, Argentina.
- Escobedo-García J. I. (2013). Desarrollo de una botana complementada con amaranto (*Amaranthus Hypochondricicus*) para aumentar su calidad nutrimental. Tesis de licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Espitia-Rangel E., C. Mapes S., D. Escobedo L., M. de la O O., P. Rivas V., G. Martínez T., L. Cortés E., J. M. Hernández C. (2010). Conservación y uso de los recursos genéticos de Amaranto en México. Instituto de Nacional Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional Centro, Celaya, Guanajuato, México. 192.
- FDA (2000). Method 6010 C. Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry. Recuperado (2019, junio 28): <https://n9.cl/s18>
- Fellows P. J. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos*. (Principios y prácticas). Zaragoza-España: Acribia S.A.
- Fellows P. J. (2017). *Baking and roasting*. Food processing technology. London, United Kingdom: Elsevier.
- Fernández-Ibarra R.P., García-Guerrero D.C., Millán J. de la Rosa., Chávez-Murillo C.E., (2018). Botanas de harina de maíz nixtamalizado y hortalizas: Caracterización nutricional parcial. *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 3: 436-440.
- Figoni P. I. (2011). *How Baking Works: Exploring the Fundamentals of Baking Sciences*. John Wiley and Sons, New-Jersey.
- Fito M. P., Andrés G. A. M., Barat B. J. M., Albors S. A. M. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. Valencia, España: Byprint Percom.
- Flick D., Doursat C., Grenier D., Lucas T. (2015). *Modeling food processing operation*. Chapter 5. Modelling of baking processes. USA: Elsevier.
- Frazier W. C. y Westhoff D. C. (1993). *Microbiología de los alimentos*. Zaragoza, España: Acribia S.A.



- Frías-Tamayo J. A., Ramírez P. G. de la Paz L.C., Herrero-Pacheco C., Acosta-Campusano Y. (2016). *Sechium edule* (jacq) sw: potencia fitoterapéutica como agente antibacteriano. *Medisur revista de ciencias médicas de Cienfuegos*, 14 (6): 664-670.
- Flogiano V., Verde V., Randazzo G., Ritieni A. (1999). Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, (47): 1035-1040.
- García C. G., Durte J. H., Gualgrón H. L., Moncada M. L. (2005). Determinación del tiempo de cocción en los procesos de freído y horneado de tres alimentos de consumo masivo en Colombia. *Revista Épsilon*, 4: 7-15.
- García C. y Molina E. (2008). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas de vida acelerada. *Ingeniería San José Costa Rica*, 18 (1,2): 57-64.
- García-Baldizón C., Chacón Valle G., Molina Córdoba M. E. (2011). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería*, 21 (2): 31-38.
- García-Martínez, E.; Fernández-Segovia, I. y Fuentes-López, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. España.
- García-Velazco A. E. (2017). Desarrollo y caracterización calorimétrica de una botana extruida inflada y horneada de amaranto y maíz para uso comercial. Tesis de Licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Garzón S. M. de L. (2006). Almidón retrogradado para uso en compresión directa. I. Caracterización y pregelatinización del almidón de chayote. *Revista mexicana de ciencias farmacéuticas*, 37 (1): 18-28.
- Gilabert G. (1992). *Medida del Color*. Valencia: Servicio de publicaciones universidad politécnica de Valencia.
- Giraldo-Gómez G. I. (1999). Métodos de estudio de vida de anaquel de los alimentos. Trabajo para optar la categoría de profesor asociado. Universidad nacional de Colombia.
- Gómez-López P. (2013). Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3ª. generación a base de chía y almidón de maíz resistente AR4. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Alimentarias. Universidad veracruzana instituto de ciencias básicas. Xalapa, Veracruz.
- González-Cruz L., Hernández-Castillo J. B. E., Juárez-Goiz J. M. S., Flores-Martínez N.L., Bernardino-Nicanor A. (2018). Efecto de tratamientos térmicos tradicionales sobre la capacidad antioxidante y contenido de carotenoides de nopalitas. *Revista mexicana de ingeniería química*, 17 (3): 823-834.
- González-Ramírez A. (2013). Campaña de publicidad para la marca de botanas *TOTIS* en la Ciudad de México. Tesina. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Grum M. (1990). Breeding *Pachyrrhizus erosus* Rich. ex DC.: A review of goals and methods. Copenhagen, Denmark. Department of Crop Husbandry and Plant Breeding. The Royal Veterinary and Agricultural University. 75.
- Guillén J. (2014). Botánica y jardines. Recuperado (2018, noviembre 27): <http://www.botanicayjardines.com/?s=Amaranthus>



- Gutiérrez-Avella D. M., Ortiz-García C. A., Mendoza-Cisneros A. (2008). Medición de fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación animal. *Simposio de metrología*, Santiago de Querétaro, México.
- Hernández G. C. y Bustamante S. C. (2012). Charritos Bioenergética: de las botanas a la energía limpia. *Revista Emprendedores*, 134: 33-39.
- Hirose K., Harte B. R., Giacín J. R., Stine C. (1998). Sorption of dlimonene by sealant films and effect on mechanical properties. *Food and Packaging Interactions*, Ed by Hotchkiss J.H. ACS Symposium Series 365, American Chemical Society, Washington D.C.: 28-41.
- Huanchi-Sierra R. (2013). Determinación de la permeabilidad en empaques plásticos. Memoria para optar el título profesional de Ingeniera en industrias alimentarias. Universidad Nacional de la Amazona Peruana. Iquitos, Perú.
- Hurtado S., y Cecilia A. (2011). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1): 39-53.
- Ibarz A. y Barbosa-Cánovas V. G. (2005). *Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los Alimentos*. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Imprex (2019). Bolsas de celofán Ahora Bolsas de Polipropileno. Recuperado (2019, julio 17): <https://www.imprexa.com.mx/bolsas-de-celofan-polipropileno/>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2010). Censo económico del Instituto Nacional de Estadística y Geografía 2010. México.
- INEGI Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (2016). Banco de Información Económica. Recuperado (2016, febrero 01): <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.asp>.
- Jacobson A. G. (1991). Quality control in deep-fat frying operations. *Food Technology*, 45 (2): 72-74.
- Jayaprakasam B., Seeram N. P., Nair M. G. (2003). Anticancer and anti-inflammatory activities of cucurbitacins from *Cucurbita andreana*. *Cancer Letters*, 189: 11-16.
- Jay J., Loessner M., Golden D. (2005). *Microbiología moderna de los alimentos*. España: Acribia.
- Kähkönen, M. P.; Hopia, A. I.; Vuorela, H. J.; Rauha, J. P.; Pihlaja, K.; Kujala, T. S., Heinonen, M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agr. Food Chem*, 47(10): 3954-3962.
- Kira R. S. (1991). *Pearson's composition and Analysis of Food*. USA: Longman Scientific and Technical.
- Koburger J. y Martha E. (1984). Yeasts and Molds. In: Compendium of methods for the microbiological examination of foods. USA: Marvins S. (Ed.) Apha.
- Kuntz L. (1991). Accelerated Shelf Life Testing. Nueva York: Weeks Publishing Co.
- Kuskoski E. M., Asuero A. G., Troncoso A. M., García-Parilla M. C., Fett R. (2004). Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Rev. Bras. Cienc. Tecnol. Alim.*, 24 (4): 691-693.
- La Jornada (2018, octubre 14). Desperdicia México 20 millones de toneladas de comida cada año: Banco mundial. *Vanguardia MX*. Recuperado (2018, noviembre 11): <https://vanguardia.com.mx/articulo/desperdicia-mexico-20-millones-de-toneladas-de-comida-cada-ano-banco-mundial>
- Lawless H.T. y Heymann H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. New York: Springer.



- Lawson H. (1999). *Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición*. España: Acribia.
- Lezama del Valle D. (2017). La importancia de los carbohidratos, las grasas y las proteínas. Recuperado (2019, junio 29): <http://cort.as/-IVxd>
- Lira-Saade R. (1996). Chayote *Sechium edule* (Jacq) Sw. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Report No. 8. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy, 43-58.
- Linares M. E. y Bye B. R. (2012). Naturaleza e identidad nacional, en Elogio de la cocina mexicana, patrimonio cultural de la humanidad, México: Conservatorio de la cultura gastronómica Mexicana S.C. y Artes de México. 57-67.
- Linares M. E. y Bye B. R. (2015). Las especies subutilizadas de la milpa. *Revista digital universitaria*, 16 (5): 2-22.
- López-García G., López-Martínez L.X., Dublán-García O., Baeza-Jiménez R. (2018). Caracterización del perfil de ácidos grasos presentes en quintonil (*Amaranthus hybridus*). *Investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 3: 307-312.
- Lowry L. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randal R. J. (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, 193: 265-275.
- Lucas A. J. C., Quintero C. V. D., Vasco-Leal J. F., Cuellar-Nuñez L. (2011). Evaluación de los parámetros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla. *Scientia et Technica Año XVI*, 48: 299-304.
- Maga J. A. (2000). *Cereal-based snack foods*. En: Kulp K and Ponte JG Ed., Handbook of cereal science and technology. New York: Marcel Dekker.
- Mapes-Sánchez C., Basurto-Peña F., Díaz-Ortega A. (2013). Diversidad de quintoniles (*Amaranthus* spp.) en la Sierra Norte de Puebla, México. SAGARPA. Recuperado (2018, septiembre 15): <https://n9.cl/ildz>
- Marcotte M. (2007). *Heat Transfer in Food Processing*. Chapter 8 Heat and mass transfer during baking. Transactions on State of the Art in Science and Engineering, Vol 13.
- Martínez-Bustos F., López-Soto M., Zazueta-Morales J. J., Morales-Sánchez E. (2005). Preparación y propiedades de almidones pregelatinizados de yuca (*Manihot esculenta*. Crantz) y jícama (*Pachyrhizus erosus*) usando calentamiento óhmico. *Agrociencia*, 39: 275-283.
- Mathias-Rettig K. y Ah-Hen K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, 42 (2): 39-48.
- Mayo Clinic (2019, enero 24). Fibra dietética: esencial para una dieta saludable. Recuperado (2019, junio 22): <https://www.mayoclinic.org/es-es/fiber/art-20043983/in-depth/art-20043983>
- Mera O. L. M., D. Castro., Bye B. R. (2011). Especies vegetales poco valoradas: una alternativa para la seguridad alimentaria. UNAM- SNICS- SINAREFI, México. D.F. 215.
- Mercado-Mercado G., Rosa-Carrillo L., Wall-Medrano A., López-Díaz J. A., Álvarez-Parrilla E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28 (1): 36-46.
- McGuire G. (1992). Reporting of objective color measurements. *Hort Science*, 27: 1254-1255.



- Milenio (2012, julio 30). Repunta 7 por ciento la industria botanera. Recuperado (2019, junio 29): <http://www.alimentacion.enfasis.com/notas/64645-repunta-7-la-industria-botanera>
- Moncada-Rodríguez L. M. y Gualdrón de Hernández L. (2006). Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación*, 6 (2): 179-187.
- Montesinos-Azorín R. (2003). Especificación cromática de gamas de colores usadas en la industria del calzado. Trabajo de investigación. Universidad de Alicante. España.
- Morales-Pérez J. y Vélez-Ruiz J. F. (2011). Estudio del efecto combinado del secado y freído en propiedades de tortillas tostadas. *Información Tecnológica*, 22 (2): 55-68.
- Morales-Toledo L. (2016). Caracterización y análisis de compuestos bioactivos en quelites de la familia *Amaranthaceae*. Tesis. Maestra en Ciencias. UNAM. Ciudad de México.
- Moreira R.G., Castell-Pérez M. E., Barrufet M. A. (1999). Deep-Fat Frying. EE.UU: Aspen Publishers, Inc.
- Morillas-Ruiz J. M. y Delgado-Alarcón J. M. (2012). Analisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición clínica y Dietética Hospitalaria*, 32(2): 8-20.
- Muñoz-Ledo E. C. (2015). Desarrollo de una botana funcional horneada y enchilada, adicionando harina de nopal. Tesis de licenciatura. UNAM. Cuautitlán Izcalli, Estado de México.
- Navas-Sánchez J. A. (2005). Optimización y control de la calidad y estabilidad de aceites y productos de fritura. Memoria para optar al grado de doctor. Universidad de Barcelona.
- Noman A. S. M., Hoque M. A., Haque M.M., Pervin F., Karim M. R. (2007). Nutritional and anti-nutritional components in *Pachyrhizus erosus* L. tuber. *Food Chemistry*, 102: 1112-1118.
- NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-083-1986. Alimentos. Determinación de humedad en productos alimenticios.
- NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos.
- NMX-F-154-1987. Alimentos. Aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxido.
- NMX-F-312-1978. Determinación de reductores directos y totales en alimentos.
- NMX-F-428-1982. Alimentos. Determinación de humedad (método rápido de la termobalanza).
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.
- NOM-086-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa.
- NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba.



- NOM-247-SSA1-2008. Productos y Servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas.
- Open Food Facts (2018). Base de datos de productos alimenticios. Recuperado (2019, junio 22): <https://mx.openfoodfacts.org/>
- Ortiz-García C. A., Gutiérrez-Avella D. M., Olmos E. A. (2004). Cuantificación de fenoles totales en *Amaranthus hybridus*, *Cosmos Bipinnatus* y *Cynodon Dactylon* plantas malezas del estado de Querétaro. Memorias del VIII verano de la ciencia de la región centro y verano de la ciencia de la UAQ. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Ortiz-Herrera A. C., Vanoye-Eligio M., Cervantes-Sanchez M. E., Xool-Alfaro J. I., Alavez-Góngora J. A., Torres-Sauri K. A. (2014). Deshidratación en la jícama: Una forma de darle el valor agregado en el municipio de Escárcega, Campeche. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 15: 103-105.
- Orthofer F. T., Gurkin S., Liu K. (1996). Dynamics of frying, in Perkins EG (Ed.) Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications. AOCS Press, Champaign, Illinois, 223-243.
- Orthofer F. T. y Cooper D. S. (1996). Evaluation of used frying oil. In Deep frying Chemistry, Nutrition, and Practical Applications, Eds. E. G. Perkin, M. D. Erickson, AOCS Press, Champaign, IL (USA), 285-310.
- Orthofer F. T. y Cooper D. S. (1996). Initial Quality of Frying Oil. In: Deep Frying. Chemistry, Nutrition, and Practical Applications. E. G. Perkins and M. D. Erickson, eds. AOAC Press: Champaign, Illinois. U.S.A. 29-42.
- Paz R., Masson L., Romero N., Dobarganes M. C., Izaurrieta M., Ortíz J., Wittig E. (2001). Fritura industrial de patatas críps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y Aceites*, 52 (6): 389-396.
- Pearson D. (1998). *Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos*. Zaragoza, España: Acribia S.A.
- Peña-Galván M. L., Sosa-Morales M. E., Cerón-García A. (2017). Determinación de fenoles, flavonoides y parámetros fisicoquímicos en chayote (*Sechium edule*) procesado térmicamente. *Verano de investigación científica*, 3 (2): 101-106.
- Pérez N. C., Cruz E. R., Guerrero L. C., Betancur D. A. (2006) Caracterización física de extruidos preparados con mezclas de maíz (QPM) (*Zea mayz L.*) y frijol (*Phaseolus Lunatus L.*). *Rev. Méx. De Ing. Quím.* México. 73 (7): 155.
- Pérez-Reyes M. E. y Sosa-Morales M. (2013). Mecanismos de transferencia de calor que ocurren en tratamientos térmicos de alimentos. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 7 (1): 37-47.
- Plascencia G. (1998). Comportamiento de maíz pigmentado en la elaboración de frituras, empleando el método de nixtamalización tradicional y harina instantánea preparada por un proceso hidrotérmico. Tesis de licenciatura. Universidad de Chapingo.
- Prats P. L. y Díaz Alonso A. L. (1996). Optimización y control del proceso de fritura, *Alimentación, equipos y tecnología*, Año XV (3): 59-64.
- Primo Y. E. (1997). Química de los alimentos. Madrid, España: Mc Graw Hill.



- Prior R. L., Wu X., Shaich K. (2005). Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements. *J Agric Food Chem.*, 53: 4290-4302.
- Profeco (2008). El laboratorio Profeco reporta. Papas fritas envasadas. *Revista Consumidor*. 56-63
- PROY-NOM-216-SSA1-2002. Proyecto de norma oficial mexicana, productos y servicios. Botanas. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Ramírez-Navas J. S. (2012). Análisis Sensorial: pruebas orientadas al consumidor. *ReCiTeIA*, 12 (1): 84-102.
- Rivera-López O. (2018, enero 2). ¿Sabes cuántas toneladas de comida tira México a la basura?: *Periódico el Universal*. Recuperado (2018, noviembre 11): <http://www.eluniversal.com.mx/nacion/sociedad/mexico-desperdicia-20-millones-de-toneladas-de-comida>
- Rivera Y., Gutiérrez C., Gómez R., Matute M., Izaguirre C., (2014). Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia e Ingeniería*, 35 (3): 157-164.
- Rivas-Granados M. y Trejo-Castillo J. (2011, agosto 22). Cambios en textura con el uso de harina de maíz: *Revista énfasis alimentación*. Recuperado (2019, julio 6): <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/20188-cambios-textura-el-uso-harina-maiz>
- Rondón E., Pacheco Delahaye E., Ortega F. (2004). Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. *Rev. Fac. Agron.*, 21 (1): 68-83.
- Rouzaud S. O. (1993). El uso de los aceites comestibles en la freidura. *Revista de Ciencias Alimentarias*, 1 (4): 28-33.
- SAGARPA (2004). Sistema de información agropecuaria de consulta. México D.F. In web page: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Serna-Saldivar S.O. (1996). Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. México: Ed. AGT.
- Serna-Saldivar S. O. (2008). *Industrial manufacture of snack foods*. Department Biotechnology and Food Engineering. ITESM. Ed. Ed. Kennedy Ltd. Almacenamiento e industrialización de cereales. México: Ed. AGT.
- Serna-Saldivar S. O. (2016). *Snack Foods: Types and Composition*. Centro de Biotecnología-FEMSA. Monterrey, México: Encyclopedia of Food and Health.
- Setzer W. N. y Setzer M. C. (2003). Plant-derived triterpenoids as potential antineoplastic agents. *Mini reviews in Medicinal Chemistry*, 3(6): 540-556.
- Severini C., Baiano A., Pilli T., Carbone B., Derossi A. (2005). Combined treatments of blanching and deshydration: study on potato cubes. *Journal Of Food Engineering*, 68:289-296
- Shiga T. M., Peroni-Okita F. H. G., Carpita C. N., Lajolo F. M., Cordenunsi R. B. (2015). Polysaccharide composition of raw and cooked chayote (*Sechium edule* Sw.) fruits and tuberous roots. *Carbohydrate Polymers*, 130: 155-165.
- SIAP (2017). Información estadística sobre producción agrícola en México. Recuperado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>



- SIAP (2018). Boletín de exportaciones de jícama. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/387688/Septiembre__j_cama__2018.pdf
- Siciliano T., N. de Tommasi I. Morelli, A. Braca. (2004). Study of flavonoids of *Sechium edule* (Jacq. Sw.) (Cucurbitaceae) different edible organs by liquid chromatography photodiode array mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 6510-6515.
- Sorensen M. (1990). Observations on distribution, ecology and cultivation of the tuber-bearing legume genus *Pachyrhizus* Rich. ex DC. (Fabaceae: Phaseoleae). Wageningen Agricultural University Papers (Netherlands) 90 (3):1-38.
- Sorensen M. (1996). Yam bean (*Pachyrhizus* DC). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 2. International Plant Genetic and Crop Plant Research, Gatersleben/International of Plant Genetics Resources Institute, Rome, Italy.
- Sorensen M., Soren D., Jaime E. E., Kvist L. P., Nielsen P. E. (1997). Status of the South American tuberous legume *Pachyrhizus tuberosus* (Lam.) Spreng. *Biodiversity and Conservation*, 6: 1581-1625.
- Stauffer C.E. (1996) *Fats and oils*. Minnesota: Eagan Press Hand Book Series.
- Suaterna-Hurtado A. C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspect Nutr Humana*, 11 (1): 39-53.
- Sumner J. B. y Sisler E. B., (1944) Arch. Biochem 4, 333.
- Tarka M. (2010, mayo 20). Carbohidratos y Azúcares. Recuperado (2019, junio 22): <https://foodinsight.org/carbohidratos-y-azucares/>
- Tellez-Romero J. I. (2005). Cuantificación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 en quelites comestibles de la zona metropolitana de la ciudad de México en su forma natural, cocidos al vapor y hervidos. Tesis de Licenciatura. UNAM. Los Reyes, Iztacala.
- Torres A., Guerra M., Rosquete Y. (2001). Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de lisina disponible. *Ciencia y Tecnología de Alimentos, Brasil*, 21 (2): 129-133.
- Tumuluru J. S. (2016). Snack Foods: Role in Diet. *Encyclopedia of Food and Health*. 6-12.
- U.S.D.A. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (2010) USDA national nutrient database for standard reference, release 23. Nutrient data laboratory home page. <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>
- Ueda Ken-ichi. (2008^a). Jícama, *Pachyrhizus erosus*. *Naturalista*. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/taxa/122985-Pachyrhizus-erosus>
- Ueda Ken-ichi. (2008^b). Chayote, *Sechium edule*. *Naturalista*. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/taxa/125147-Sechium-edule>
- Ueda Ken-ichi. (2008^c). Quintonil Verde, *Amaranthus hybridus*. Recuperado de: <https://www.naturalista.mx/taxa/75395-Amaranthus-hybridus>
- Valdés E. (2009). "La actualidad del segmento de las botanas en México". Revista. Industria Alimenticia para los Procesadores de Alimentos Latinoamericanos. (En línea). Recuperado (2019, marzo 30): <https://n9.cl/tm63>
- Vega-Gálvez A., Di Scala K., Rodríguez K., Lemus-Mondaca R., Miranda M., López J., Perez-Won M. (2009). Effect of air-drying temperature on physicochemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (*Capsicum annum*, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117 (4): 647-653.



- Villalta J. y Monferrer A. (2000). La fritura desde un punto de vista práctico (II). *Aliment., Equipos Tecnol*, 12 (4): 85-90.
- Villaseñor R. J. L. y Espinosa F.J. (1998). Catálogo de malezas de México. UNAM. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México.
- Vives C. J. (2003). Puntos de control críticos en la preparación de alimentos fritos en 80 cafeterías del municipio de Medellín. *Perspect Nutr Hum*, 9: 23-31.
- Walter W. M. Jr., Purcell E. A. (1979). Evaluation of several methods for analysis of sweet potato phenolics. *J. Agric. Food Chem*, 27 (5): 942-946.
- Watts B.M., Ylimaki G. L., Jeffery L.E., Elías L.G. (1992). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de los alimentos*. Ottawa, Canadá: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo.
- Wojdyło A., Figiel A., Oszmiański J. (2009). Effect of drying methods with the application of vacuum microwaves on the bioactive compounds, color, and antioxidant activity of strawberry fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (4): 1337-1343.
- Wright J.R., Sumner S. S., Hackney C. R., Pierson M. D. (2000). Reduction of Escherichia coli O157:H7 on apples using wash and chemical sanitizer treatments, *Dairy Food Environ Sanit*, 20: 120-126.
- Yagüe M. A. (2003). Estudio de utilización de aceites para fritura en establecimientos alimentarios de comidas preparadas. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, Campus de Bellaterra.
- Zeballos S. V. (2002). Análisis de mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales y Salmonella spp. En cuatro ingredientes utilizados en la planta de lácteos de Zamorano, Honduras.

REFERENCIAS DE FOTOGRAFÍAS

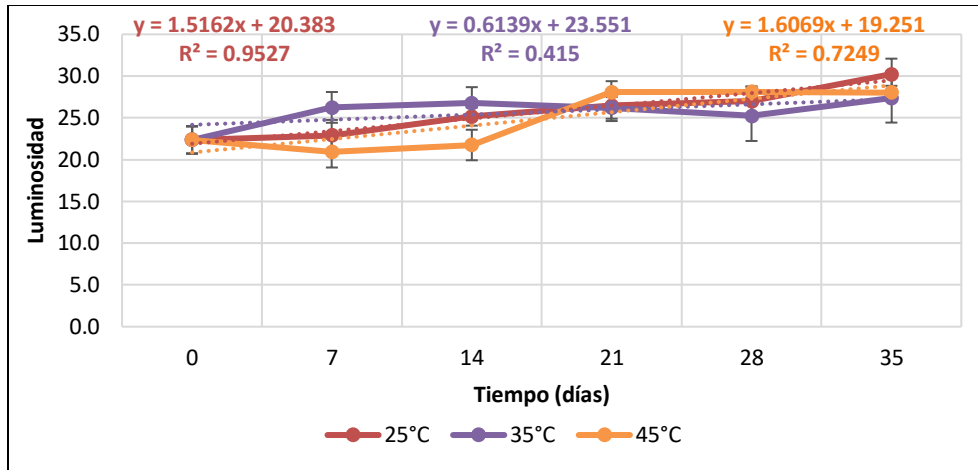
- Balcazar M. (2011). Fruta seca. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/61328551@N06/6383381647/>
- Cannela S. (2014, febrero 6). Tacos de quintoniles. Receta. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.directoalpaladar.com.mx/recetas/tacos-de-quintoniles-receta>
- Coliman Produce (2018). Tortilla de jícama. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <https://www.colimanproduce.com/tortilladejicama>
- Costco de México. (2019) Botanas de tercera generación comerciales en México. [Fotografías y precios]. Recuperado (2019, abril 22): https://www.costco.com.mx/Comida-y-Bebida/Botanas-y-Dulces/Botanas-Saludables/c/cos_6.3.4
- Delgado-Nieblas C. I., Zazueta-Morales J. J., Aguilar-Palazuelos E., Jacobo-Valenzuela N., Aguirre-Tostado F. S., Carrillo-López A., Ruiz-Armenta X. A., Telis-Romero J. (2018). Características físicas, microestructurales y sensoriales de alimentos botana extrudidos expandidos por microondas adicionados con calabaza deshidratada. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 17 (3): 805-821.
- Goldberg A. (2011). Totopos y salsa. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/alifewortheating/6346446996/>
- Goodexpress (2013). Chayote Chips. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <https://www.goodexpress.com.mx/chayote-chips.html>



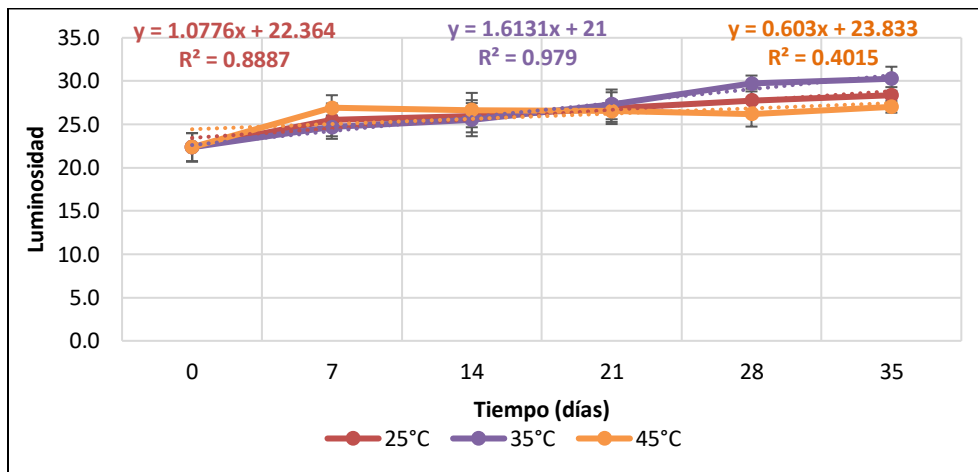
- Heredia E. G. (1996). *Pachyrizus ahipa*. Tubers from landrace of unknown origin (probably Bolivian), cultivated at INIFAP-CIR CENTRO, Campo Experimental Bajío, Celaya, México. Notice purple colouring below epidermis in sliced tuber to the left. [Fotografía]. Recuperado (2019, mayo 6): <http://cort.as/-LmC2>
- Huerta O. (2017). *Amaranthus retroflexus*. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/orgazmika/459135992/>
- JicaChips (2019). Featured JicaChips. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <https://www.jicachips.com/>
- Juampiter (2014). Bodegón de nueces. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/juampiter/14375416432/>
- Lainez L. (2017). Chips. [Fotografía]. Recuperado de: <http://cort.as/-KPuB>
- Lewis E. C. (2007). *Amaranthus caudatus*. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22):: <https://www.flickr.com/photos/carllewis/1473222161/>
- López-Lozada L. (2019). Guiso de quelites. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22):: <https://cookpad.com/mx/recetas/652386-guiso-de-quelite>
- Mari L. J. (2009). Palomitas de maíz. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/joymafotografia/4100309096/>
- Márquez-Luna L., Mapes-Sánchez C., Saldaña-Sánchez L., Caciono-Reyes F., Labastida-Salinas D. (2013). Diversidad de <<quintoniles>> (*Amaranthus* spp.) en la Sierra Norte de Puebla, México. [Fotografías]. Recuperadas de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232255/Diversidad_de_quintoniles__a_maranthus_spp_.pdf
- Mathew J. (2007). Cheese balls. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): https://www.flickr.com/photos/mathews_pics/536868278/
- Padilla F. (2019). Quelites o quintoniles al gratín. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://cookpad.com/mx/recetas/5287332-quelites-o-quintoniles-al-gratin---%F0%9F%A5%97>
- Porto C. (2007). Pretzels. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/carlospporto/2053166294/>
- Ramírez-Correa M. G. (2019). Carne de cerdo, nopales, quelites y coco. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://cookpad.com/mx/recetas/3376232-carne-de-cerdo-nopales-quelites-y-coco>
- Robles O. M. E. (2010). Cacahuete. [Fotografía]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.flickr.com/photos/109314214@N07/10970027224/>
- Sam's Club. (2019). Botanas de tercera generación comerciales en México. [Fotografías y precios]. Recuperado (2019, abril 22): https://www.sams.com.mx/alimentos-y-bebidas/botanas-y-dulces/papas-frituras-y-palomitas/_/N-80o
- Sørensen M. (1996). *Pachyrhizus erosus*. Tuber for sale at roadside, State of Morelos, Mexico [Fotografía]. Recuperado (2019, mayo 6): <http://cort.as/-LmC2>
- Superama (2019^a). Botanas de tercera generación comerciales en México. [Fotografías y precios]. Recuperado (2019, abril 22): <https://www.superama.com.mx/catalogo/d-despensa/f-botanas-despensa/l-frituras>
- Superama (2019^b). Papilla de chayote, gerber etapa 1. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <http://cort.as/-KPmo>



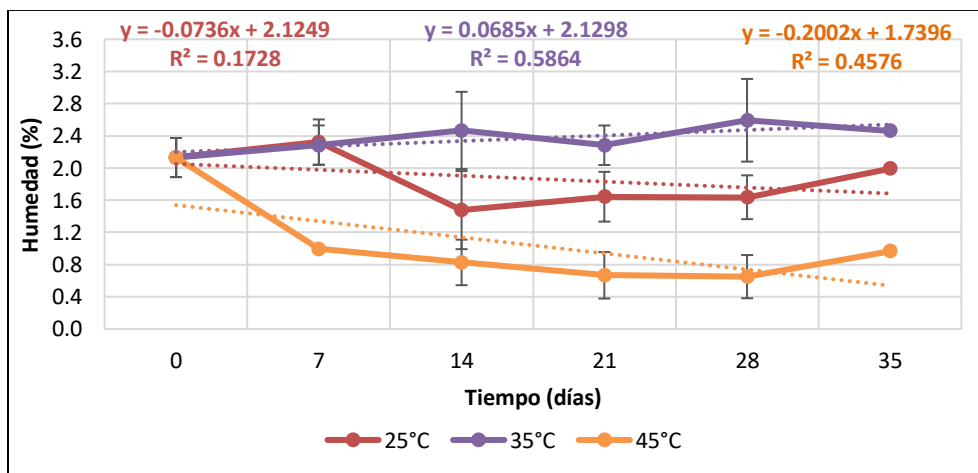
- Thirup C. (1996). *Pachyrhizus tuberosus*. Chuin amarillo tubers from the Iquitos area, Peru. [Fotografía]. Recuperado (2019, mayo 6): <http://cort.as/-LmC2>
- Valenzuela-Lagarda J. L., Gutiérrez-Dorado R., Pacheco-Aguilar R., Lugo-Sánchez M. E., Valdez-Torres J. B., Reyes-Moreno C., Mazorra-Manzano M. A., Muy-Rangel M. D. (2016). Botanas expandidas a base de mezclas de harinas de calamar, maíz y papa: efecto de las variables del proceso sobre propiedades fisicoquímicas. *CYTA – Journal of Food*, 15 (1): 118-124.
- Walmart (2019). Papilla gerber junior, manzana, chayote y mango. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <http://cort.as/-KPmu>
- Xica (2012) Xica, Jicama, High prebiotic yam bean. [Fotografía]. Recuperado (2019, junio 29): <http://eaturxica.com/about.html>



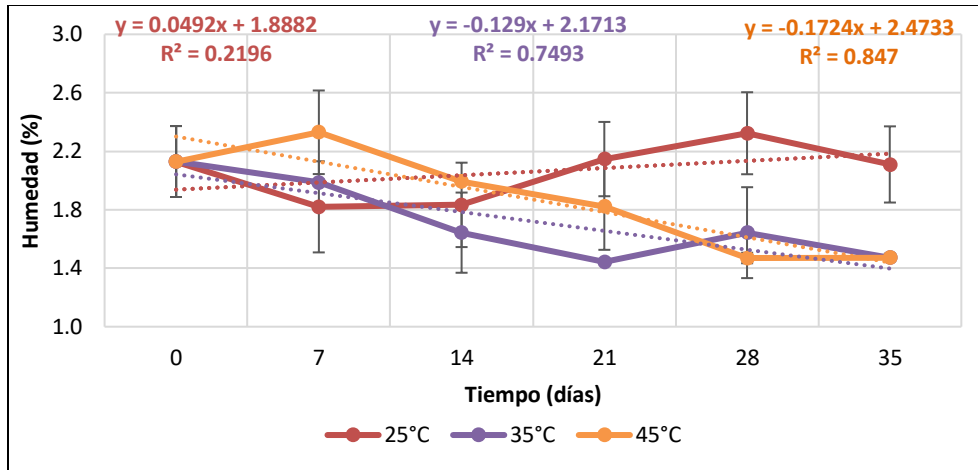
Anexo 1. Comportamiento de deterioro de luminosidad de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



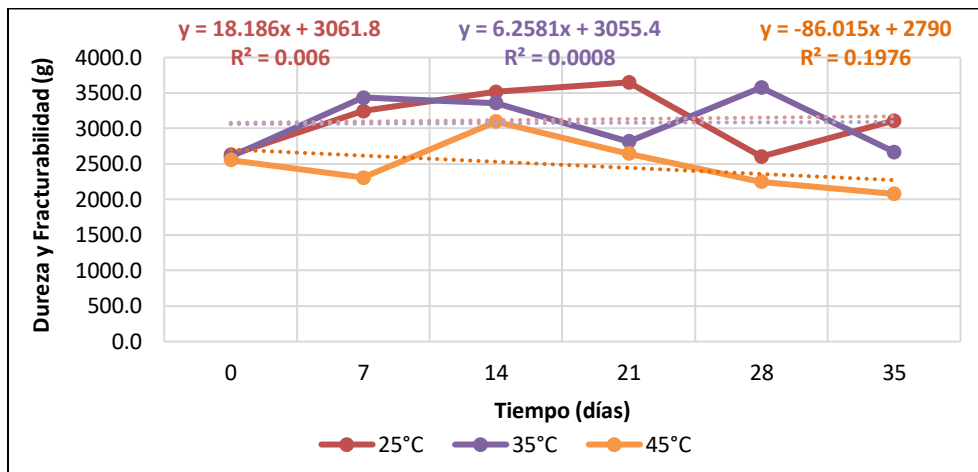
Anexo 2. Comportamiento de deterioro de luminosidad de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



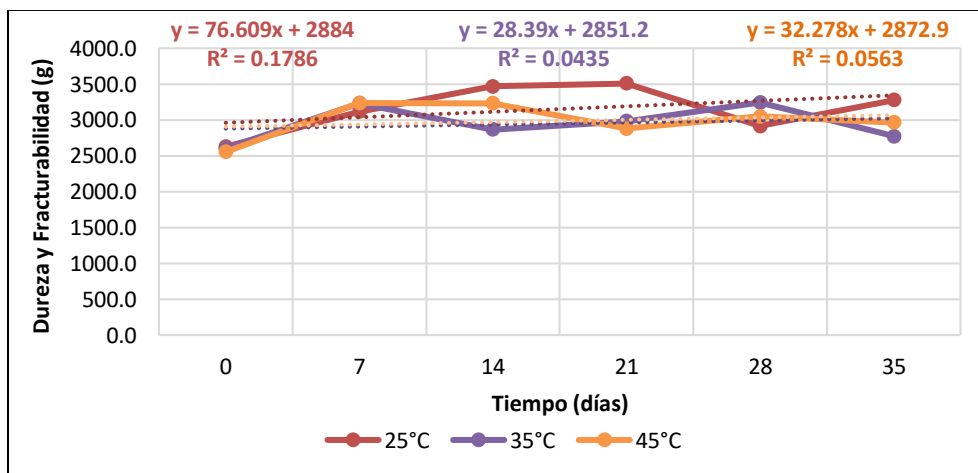
Anexo 3. Comportamiento de deterioro de la humedad de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



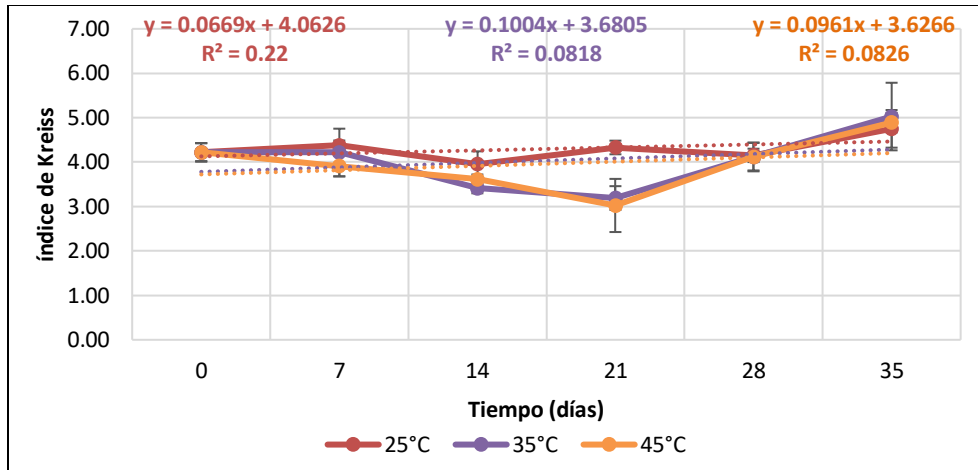
Anexo 4. Comportamiento de deterioro de la humedad de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de metalizado).



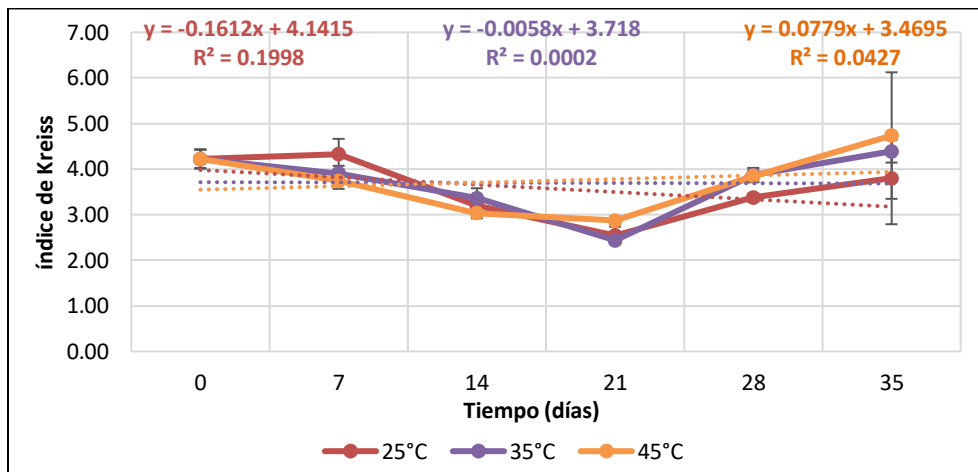
Anexo 5. Comportamiento del deterioro de la textura (dureza y fracturabilidad) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



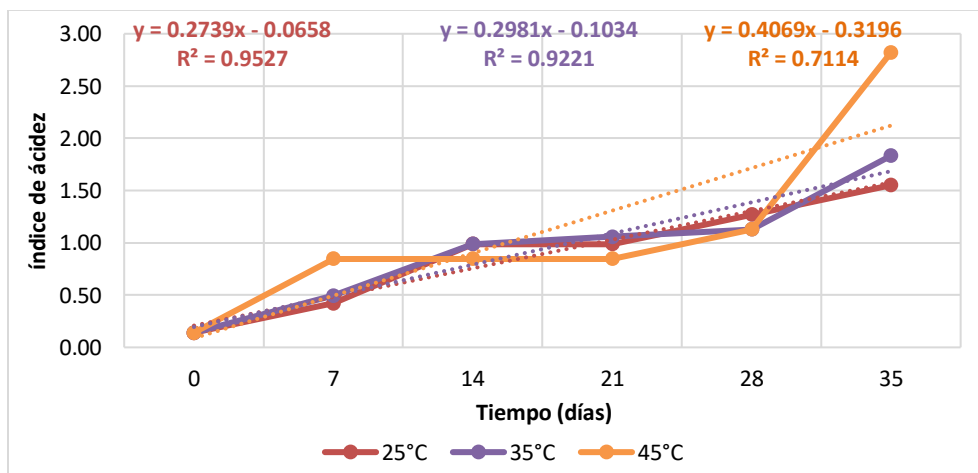
Anexo 6. Comportamiento del deterioro de la textura (dureza y fracturabilidad) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



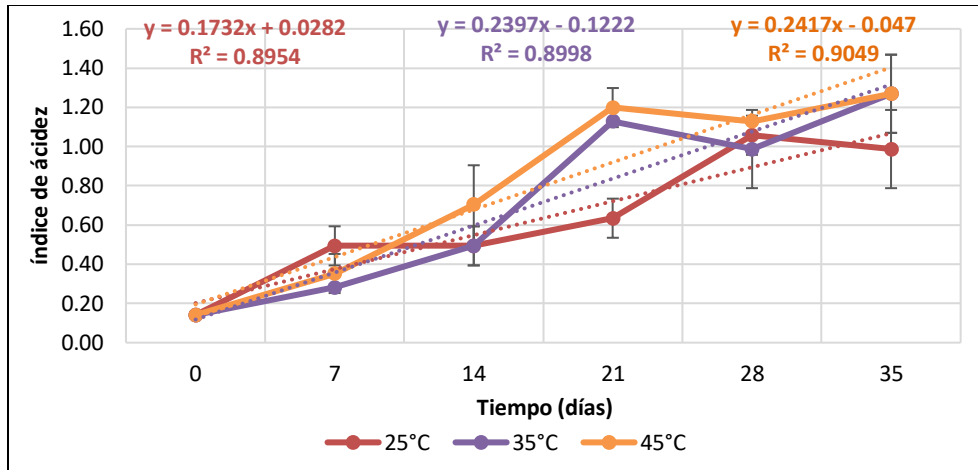
Anexo 7. Comportamiento del deterioro del índice de Kreiss de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



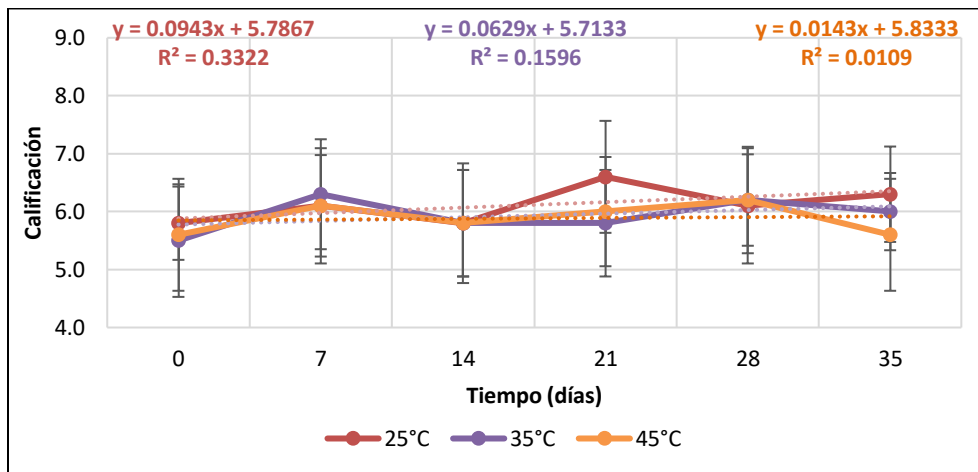
Anexo 8. Comportamiento del deterioro del índice de Kreiss de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



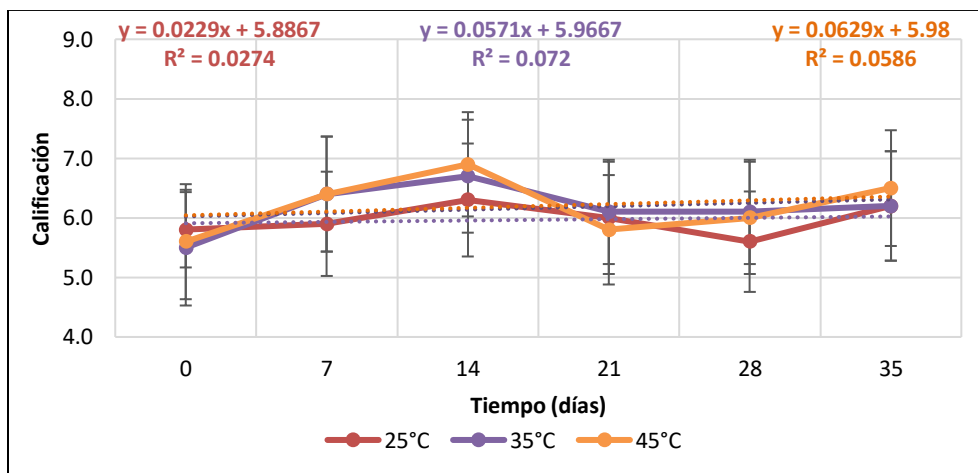
Anexo 9. Comportamiento del deterioro del índice de acidez de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



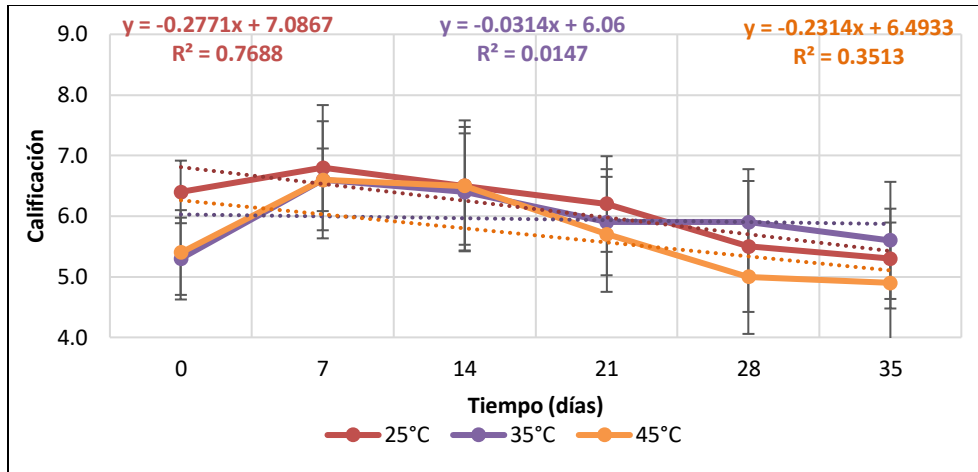
Anexo 10. Comportamiento del deterioro del índice de acidez de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



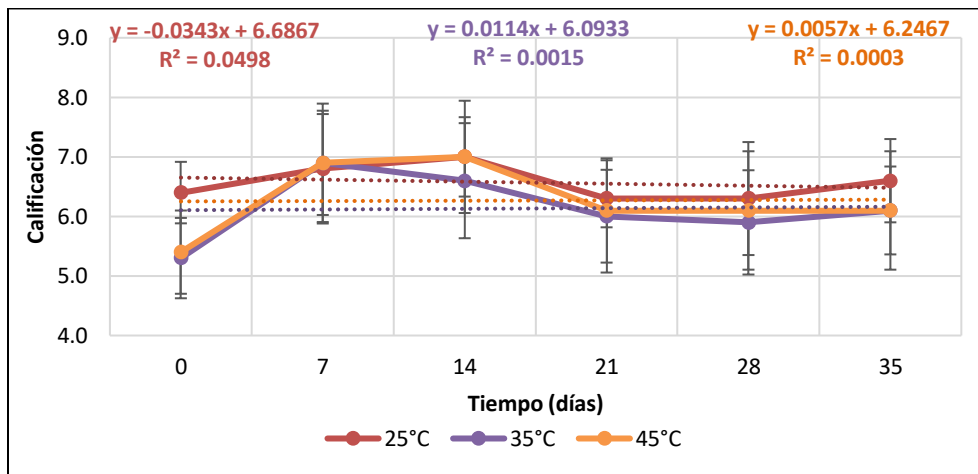
Anexo 11. Comportamiento del deterioro del color (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



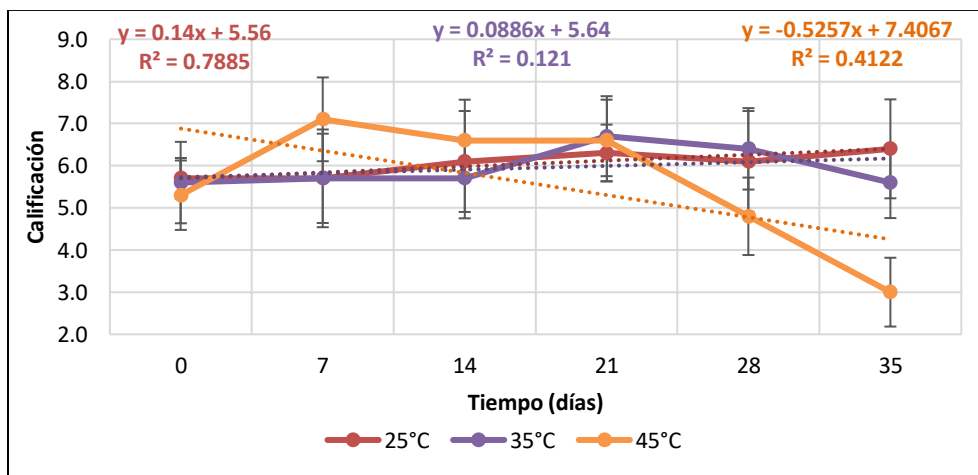
Anexo 12. Comportamiento del deterioro del color (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



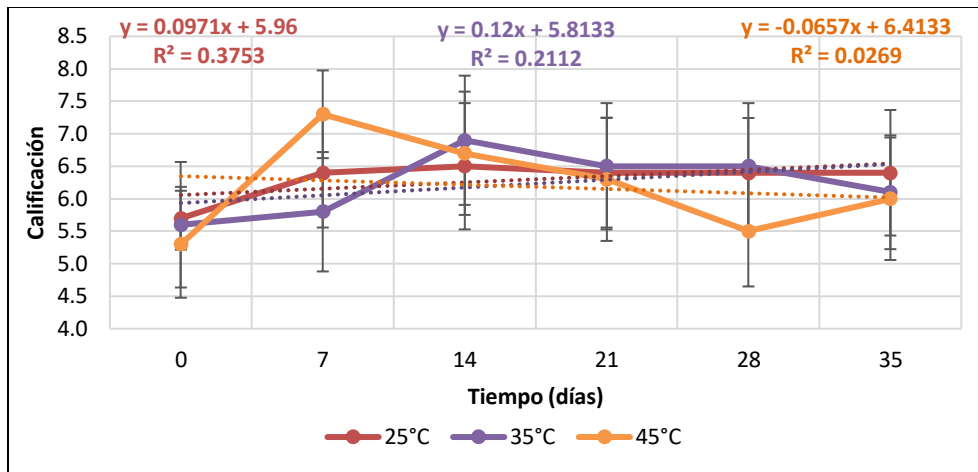
Anexo 13. Comportamiento del deterioro del olor (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



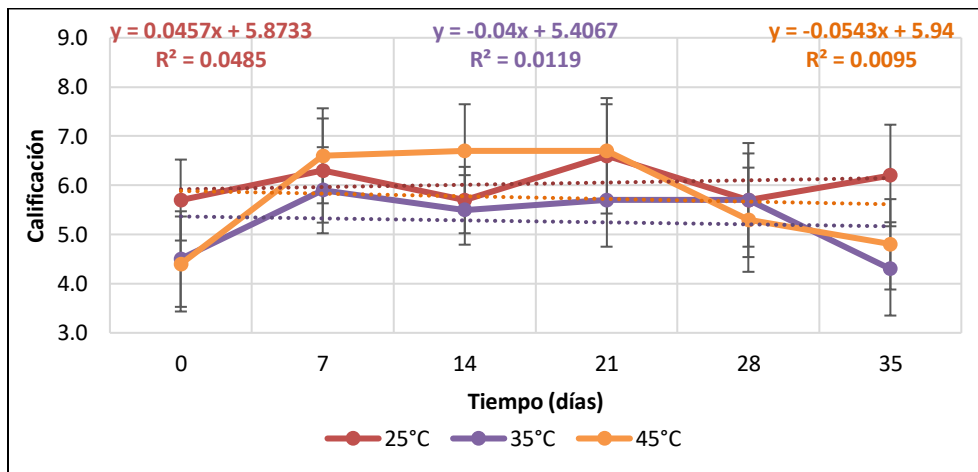
Anexo 14. Comportamiento del deterioro del olor (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



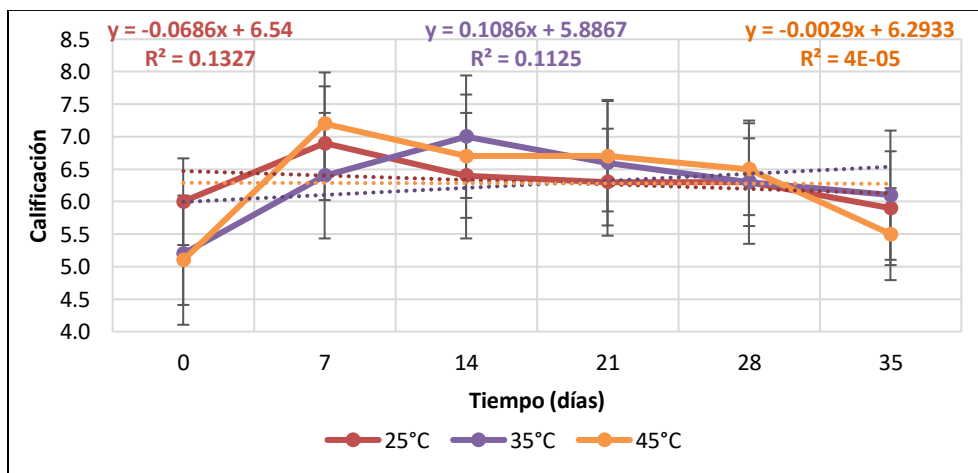
Anexo 15. Comportamiento del deterioro del sabor (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



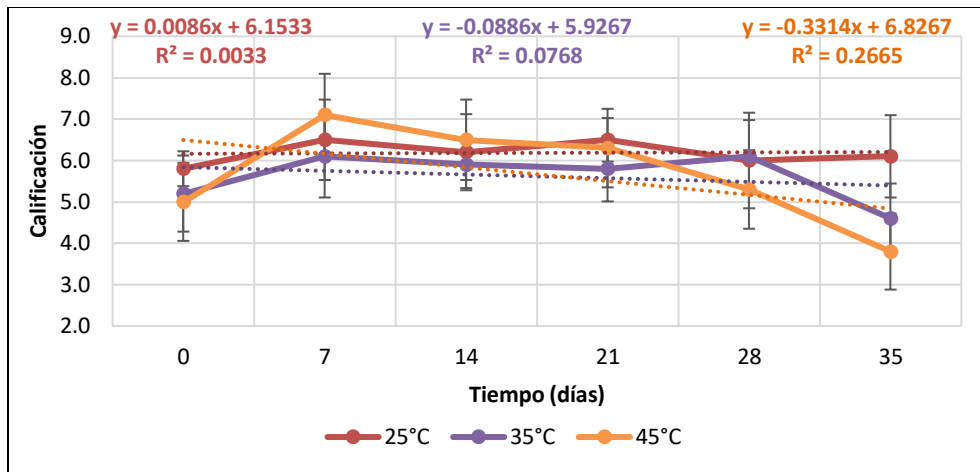
Anexo 16. Comportamiento del deterioro del sabor (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



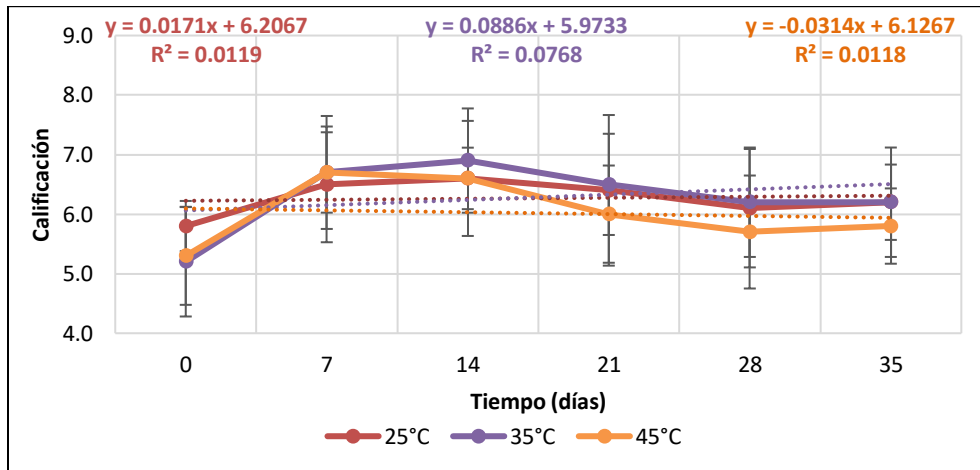
Anexo 17. Comportamiento del deterioro de la textura (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



Anexo 18. Comportamiento del deterioro de la textura (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).



Anexo 19. Comportamiento del deterioro de la Aceptabilidad General (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase de celofán).



Anexo 20. Comportamiento del deterioro de la Aceptabilidad General (evaluación sensorial) de la botana de orden uno a diferentes temperaturas de almacenamiento (envase metalizado).