



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
DE CUAUTITLÁN**

**Desarrollo y caracterización de una botana tipo
chip a base de betabel (*Beta vulgaris* L.) aplicando
diferentes métodos de secado**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS**

P R E S E N T A:

Alma Noemi Camacho Franco

ASESORAS:

Dra. María Andrea Trejo Márquez

Dra. Alma Adela Lira Vargas

Cuautitlán Izcalli, Edo. De México.

2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

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 y caracterización de una botana tipo chip a base de betabel (*Beta vulgaris L.*) aplicando diferentes métodos de secado.

Que presenta la pasante: **Alma Noemi Camacho Franco**
Con número de cuenta: **414077771** 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 04 de Octubre 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. María Andrea Trejo Márquez	
1er. SUPLENTE	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
2do. SUPLENTE	M. en C. Selene Pascual Bustamante	

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

LMCF/cga*



Este proyecto se realizó con el financiamiento de los Proyectos IT202419 Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México y Proyecto PIAPI 1805. Aplicación de tecnologías emergentes para la conservación, aprovechamiento y control de la inocuidad de productos vegetales.

LUGAR DE REALIZACIÓN

Este trabajo se realizó en el Centro de Asimilación y Tecnología, Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Campo III FES-Cuautitlán-UNAM.



DEDICATORIAS

Con todo mi corazón dedico este logro a mis padres José Camacho Estrada y Ana Ma. Franco Arana, este y todos mis logros son gracias a su amor y apoyo incondicional, gracias por brindarme todo lo que estaba en sus manos para que pudiera culminar una carrera universitaria, porque sin su esfuerzo, dedicación y guía nada de esto hubiera sido posible, agradezco infinitamente a Dios por permitirme ser su hija, porque sin ustedes simplemente no estaría aquí, los amo.

De igual manera quiero dedicar este logro a mis hermanas Ana y Sara, por ser un pilar muy importante en mi vida, por impulsarme a hacer más cosas, por ser esas mejores amigas, compañeras de locuras, confidentes, consejeras y ese gran ejemplo a seguir, porque con ustedes todo es mejor y hacen de mi vida algo maravilloso, gracias por cuidarme y amarme tanto, doy gracias a Dios por sus vidas y por permitirme ser su hermana. Y por último pero no menos importante, agradezco a mi hermano Salvador que aunque somos muy diferentes siempre me apoyaste a tu manera y sé que siempre podré contar contigo. Los amo.



AGRADECIMIENTOS

Díos, eres la razón de mi existir, mi punto de partida y mi final. Gracias por usar mi vida, por darme la sabiduría y la fuerza necesaria para continuar y cumplir esta gran meta, pues fue un camino difícil pero nada hay imposible para tí.

Agradezco la paciencia, comprensión y tiempo que tuvieron mis asesoras Alma Adela Lira Vargas y Ma. Andrea Trejo Márquez, pues sin su apoyo este trabajo no habría sido posible, gracias por enseñarme tanto, por formarme como profesionista y brindarme tan gratas experiencias al final de la carrera. De igual manera quiero agradecer a la profesora Selene Pascual por ayudarme e instruirme durante mi estancia en el laboratorio.

A todas mis amigas durante la carrera, por hacer más amena la estancia en la universidad y por formar maravillosos recuerdos y valiosos aprendizajes. Gracias Laurita por ser mi amiga desde el primer día y siempre estar ahí para mí, gracias Anita por sacarme siempre muchas risas, gracias Cris por escucharme siempre aunque a veces hable muchos disparates, gracias Daf por darle un toque de locura a mi vida, gracias Eli por todos los conocimientos que me brindaste y ser la más noble, gracias Vicky por todas las pláticas infinitas, risas y locuras, gracias Fany por no dejarme sola cuando nos atrasamos jaja, por todas las locuras compartidas y brindarme lo mejor de tí (incluidos esos ricos panes que hacías), gracias Ara por todas las risas, las canciones, comidas y platicas, que a pesar que te conocí en los últimos semestre te convertiste en una amiga muy cercana, y Davidó gracias por aguantarme en todas mis crisis, siempre animarme y regañarme para que me apurara jaja; espero que mi amistad con todos y cada uno de ustedes perdure a través del tiempo y sigamos construyendo más momentos juntos.



A mis amigas desde antes que iniciara esta travesía, gracias Diana por seguir a mi lado, por siempre abrir mi mente y enseñarme otros panoramas, por escucharme y que sin importar el pasar de los años estas siempre ahí para mí; e igualmente gracias Vane por quererme tanto y apoyarme siempre, por compartir tantas locuras y momentos increíbles, que sin importar nada sé que puedo contar contigo. Esperando sigamos creciendo juntas y compartiendo nuestras vidas.

A mis abuelos Virginia, Alicia y Alfredo por ser un ejemplo de perseverancia y por el apoyo que me han brindado siempre.

A Carlos Candía por mostrarme que no hay de que preocuparse ni de que tener miedo, todo es parte de la vida y hay que disfrutarla.

Gracias a todos, familiares, amigos y profesores que han formado parte de mi vida y que sin duda han dejado huella, gracias por instruirme y exhortarme a seguir adelante.

A la UNAM, en especial a FES Cuautitlán por ser mi segunda casa y brindarme lo mejor, siempre será un orgullo pertenecer a esta institución.

En tu mano están mis tiempos...

Salmo 31:15



ÍNDICE GENERAL

	Página
Resumen	1
1. Introducción	3
2. Antecedentes	6
2.1 Betabel	6
2.1.1 Morfología y taxonomía	7
2.1.2 Variedades	9
2.1.3 Composición química	10
2.1.4 Importancia económica	11
2.1.5 Productos-usos	13
2.2 Botanas	14
2.2.1 Definición	14
2.2.2 Importancia económica	15
2.2.3 Clasificación	16
2.2.4 Papas fritas tipo chip	19
2.2.5 Proceso de elaboración de botana tipo chip	20
2.2.6 Contenido de grasa en botanas fritas	22
2.2.7 Reducción de grasa en botanas fritas	23
2.3 Secado	24
2.3.1 Definición	24
2.3.2 Tipos de secado	26
2.3.2.1 Secado por conducción	26
2.3.2.2 Secado por convección	26
2.3.2.3 Secado por radiación	28
3. Objetivos	32
3.1 Objetivo general	32
3.2 Objetivos particulares	32
4. Metodología experimental	35
4.1 Cuadro metodológico	35
4.2 Material biológico	36
4.3 Elaboración de botana de betabel tipo chip y evaluación de secado	36
4.4 Evaluación de saborizante	38
4.5 Composición química	39
4.6 Vida de anaquel	40
4.7 Técnicas analíticas	42
4.7.1 Propiedades físicas	42
4.7.1.1 Determinación de sólidos solubles totales	42
4.7.1.2 Colorimetría	43
4.7.1.3 Textura	44
4.7.2 Propiedades químicas	45
4.7.2.1 Determinación del porcentaje de humedad	45



4..7.2.2 Determinación de proteínas	45
4.4.7.3 Determinación de lípidos	46
4.4.7.4 Determinación de fibra dietética	47
4.4.7.5 Determinación de carbohidratos	48
4.4.7.6 Determinación de cenizas	49
4.4.7.7 Determinación de sodio	49
4.4.7.8 Capacidad antioxidante	49
4.7.3 Pruebas microbiológicas	50
4.7.3.1 Análisis microbiológico	50
4.7.4 Propiedades sensoriales	51
4.7.4.1 Prueba hedónica	51
4.7.5 Propiedades de rancidez	52
4.7.5.1 Índice de peróxidos	52
4.7.5.2 Índice de Kreiss	53
4.7.5.3 Ácidos grasos libres	53
4.8 Tratamiento estadístico	54
5. Resultados	56
5.1 Elaboración de botana de betabel tipo chip y evaluación de secado	56
5.1.1 Caracterización de botana tipo chip	56
5.1.2 Porcentaje de grasa	57
5.1.3 Sensorial	58
5.1.4 Color	61
5.1.5 Sólidos solubles totales	63
5.1.6 Textura	64
5.1.7 Microbiológico	67
5.2 Evaluación de saborizante	68
5.2.1 Sensorial	69
5.2.2 Color	73
5.2.3 Sólidos solubles totales	75
5.3 Composición química	76
5.4 Vida de anaquel	82
6. Conclusiones	95
7. Recomendaciones	98
8. Referencias	100



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Betabel	6
Figura 2. Morfología del betabel	8
Figura 3. Producción del betabel en el 2017	11
Figura 4. Países exportadores de hortalizas, plantas y tubérculos alimenticios	12
Figura 5. Productos de betabel	13
Figura 6. Botanas	14
Figura 7. Fabricantes de botanas en México	16
Figura 8. Porcentaje de consumo de botanas	18
Figura 9. Papas fritas	19
Figura 10. Diagrama de proceso de botana tipo chip	21
Figura 11. Esquemas de transferencia de calor	25
Figura 12. Estufa de secado por aire caliente	28
Figura 13. Microondas convencional	29
Figura 14. Betabel fresco	36
Figura 15. Diagrama de proceso de botanas tipo chip de betabel	37
Figura 16. Diagrama de proceso de botanas tipo chip de betabel condimentadas	39
Figura 17. Diagrama del proceso en la evaluación de la vida de anaquel	40
Figura 18. Medición de color	43
Figura 19. Prueba de textura	44
Figura 20. Digestión ácida	46
Figura 21. Extracción de grasa por Soxhlet	47
Figura 22. Determinación de azúcares	48
Figura 23. Calcinación de muestras en mufla	49
Figura 24. Diluciones decimales adicionales	51
Figura 25. Formato para la prueba sensorial	52
Figura 26. Medición de peróxidos	53
Figura 27. Medición de índice de Kreiss	53
Figura 28. Absorción de grasa con secado previo por estufa y microondas comparado con producto sin pretratamiento	57
Figura 29. Evaluación del atributo de olor mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con posterior tratamiento de freído	58
Figura 30. Evaluación del atributo de color mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con posterior tratamiento de freído	59
Figura 31. Evaluación del atributo de sabor mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	59
Figura 32. Evaluación del atributo de textura mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	60
Figura 33. Evaluación del atributo de aceptabilidad mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y	60



microondas comparado con un producto con posterior tratamiento de freído	
Figura 34. Luminosidad de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	62
Figura 35. Ángulo HUE en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	62
Figura 36. Croma en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	63
Figura 37. Contenido de sólidos solubles en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	64
Figura 38. Dureza de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	65
Figura 39. Fracturabilidad de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	66
Figura 40. Deformación de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído	66
Figura 41. Evaluación del atributo de olor mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído	70
Figura 42. Evaluación del atributo de color mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído	71
Figura 43. Evaluación del atributo de sabor mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído	71
Figura 44. Evaluación del atributo de textura mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído	72
Figura 45. Evaluación del atributo de aceptabilidad mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído	72
Figura 46. Luminosidad de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con aplicación de saborizante después del freído	74
Figura 47. Croma de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con aplicación de saborizante después del freído	74
Figura 48. Ángulo HUE de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con aplicación de saborizante después del freído	75



Figura 49. Contenido de sólidos solubles en chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con aplicación de saborizante después del freído	76
Figura 50. Etiqueta de la botana de betabel adobado	77
Figura 51. Etiquetado frontal	78
Figura 52. Índice de peróxidos de chips de betabel de orden cero en función de la temperatura para envase de celofán	85
Figura 53. Índice de peróxidos de chips de betabel de orden cero en función de la temperatura para envase metalizado	86
Figura 54. Comportamiento logarítmico del deterioro del índice de peróxidos en chips de betabel envasado en celofán.	87
Figura 55. Comportamiento logarítmico del deterioro del índice de peróxidos en chips de betabel envasado metalizado	88
Figura 56. Log de vida útil de chips de betabel en función de las temperaturas en envase de celofán	89
Figura 57. Log de vida útil de chips de betabel en función de las temperaturas en envase metalizado	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Morfología del betabel rojo	7
Tabla 2. Taxonomía del betabel rojo	8
Tabla 3. Variedades del betabel	9
Tabla 4. Composición química del betabel rojo	10
Tabla 5. Clasificación de las botanas de acuerdo a su generación	17
Tabla 6. Estudio realizado por la PROFECO a botanas de papa	22
Tabla 7. Ecuaciones para la prueba de color	44
Tabla 8. Condiciones de incubación	51
Tabla 9. Acondicionamiento de la botana tipo chip	56
Tabla 10. Análisis microbiológico	67
Tabla 11. Condiciones de la botana con saborizante queso y adobado	68
Tabla 12. Información general para la etiqueta de la botana	77
Tabla 13. Información nutrimental reportada en la etiqueta de la botana	78
Tabla 14. Comparación de botanas hortícolas en 100 g	79
Tabla 15. Capacidad antioxidante	82
Tabla 16. Coeficientes de correlación (R^2) de las propiedades evaluadas en chips de betabel a diferentes temperaturas	83
Tabla 17. Regresiones lineales obtenidas del índice de peróxidos para diferentes temperaturas	87
Tabla 18. Ecuación para el cálculo de la energía de activación en chips de betabel en para diferentes temperaturas	88
Tabla 19. Ecuación de la vida útil de chips de betabel en dos tipos de envase	90
Tabla 20. Valores de vida útil	90
Tabla 21. Valores de Q_{10}	91
Tabla 22. Análisis microbiológico en las chips de betabel a diferentes temperaturas	92

RESUMEN



El betabel (*Beta vulgaris L.*) tiene alto contenido de fibra y minerales esenciales; sin embargo, su uso se reduce a jugos y ensaladas. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue el desarrollo de una botana tipo chip baja en grasa aplicando diferentes secados. La elaboración de chips se realizó con el lavado, pelado, cortado, secado (convección de aire caliente a 90°C por 2 horas y microondas a 1200W por 4.30 minutos), freído (180°C por 15 segundos), escurrido, saborizado (queso, adobado) y almacenado; a las chips se les evaluaron propiedades físicas (color, textura, sólidos solubles), químicas (humedad), microbiológicos (coliformes, mesófilos, mohos y levaduras), sensoriales (olor, color, sabor, textura y aceptabilidad). La composición química de las botanas se realizó; así como la estimación de vida útil en condiciones aceleradas en dos tipos de envase (celofán y metalizado). Los resultados mostraron que el secado por aire caliente permitió 48% menor absorción de aceite, un valor de 62.66°brix, dando una textura crujiente y un color de mayor luminosidad, así como valores microbiológicos menores a los límites permisibles (>100UFC/g); siendo que las chips mayormente aceptadas fueron las que se les aplicó el sabor adobado. En cuanto a su composición química, en una porción de 40g se obtuvo 1.78 g de proteínas, 21.16 g de carbohidratos, 10.92 g de grasa, 1.10 g de fibra dietética y 172 mg de sodio, así como 38.37 μ moles equivalentes a trolox/g fruto fresco en capacidad antioxidante. Por último en la vida de anaquel se registró que en el índice de peróxidos se obtuvo que para el envase de celofán a 25°C la vida útil de las chips fue de 88 días, mientras que para el envase metalizado a 25°C la vida útil fue de 129 días. Concluyéndose que en el desarrollo de una botana tipo chip de betabel es realmente importante la aplicación del secado antes del proceso de fritura, dado que al final se logra un producto con menor cantidad de grasa y con características organolépticas agradables para los consumidores, permitiendo así la diversificación del uso del betabel.



1. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN



El betabel (*Beta vulgaris L.*) es un tubérculo que contribuye a mantener una estimulación inmunológica ya que contiene vitamina C; también es una excelente fuente de fibra y minerales esenciales como el potasio, el cual es necesario para crear músculos y regular la actividad eléctrica del corazón y el manganeso que ayuda a mantener el funcionamiento de músculos y nervios, crear fuerza en los huesos y regular niveles de azúcar en la sangre (Mercola, 2014). Cabe mencionar que es uno de los tubérculos más comunes que se cultivan en México cuyo uso se reduce principalmente a jugos y ensaladas (SIAP, 2016), pero que en los últimos años ha atraído atención significativa como un producto alimenticio que promueve la salud (Clifford *et al.*, 2015). Por otro lado, los snacks son productos que buscan mejorar el contenido nutrimental optando por el uso de materias primas innovadoras que aporten compuestos que tengan beneficios en la salud, como los frutos y hortalizas (Delgado-Nieblas *et al.*, 2014); ya que en México los alimentos snacks son ampliamente consumidos; siendo que en el año 2017, 90% de los hogares adquirió papas fritas, las compró 13 veces al año con un promedio de un kilo, que les representó un gasto cercano a los \$202.00 pesos, reveló un estudio realizado por Kantar Worldpanel (Notimex, 2018). Según la revista Quality Assurance and Food Safety, son los jóvenes millennials los que han introducido una nueva concepción de alimentación, la cual es más saludable y de fácil preparación. También estos nuevos consumidores, se muestran más indulgentes con las cualidades nutricionales de los snacks priorizando el sabor; siendo que los snacks saludables van ganando terreno ya que el 48% de los consumidores prefieren productos naturales. Siendo que, en la compra de alimentos sanos, el contenido en grasas es el indicador más importante, seguidos del contenido en azúcares y las calorías (Vidal, 2015). Por lo que un grave problema con los snacks “chips” es que en la elaboración se absorbe una gran cantidad de aceite; variando entre 35 a 40%, pues el aceite utilizado para freír se convierte en parte de los alimentos que se consumen. La temperatura, tiempo, composición de los alimentos, agentes humectantes y tratamientos de pre y post fritura, son los principales factores que interfieren en la absorción de aceite. Se ha demostrado

INTRODUCCIÓN



que el secado es un tratamiento de pre fritura que ha logrado reducir los porcentajes de absorción de aceite (Montes *et al.*, 2016). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es desarrollar una botana tipo chip a base de betabel, variando métodos de secado para una menor absorción de cantidad de aceite en el proceso de freído, como una alternativa de uso de esta hortaliza, así como la inclusión de una botana en beneficio a la salud, cuya línea de mercado son los jóvenes principalmente.



2. ANTECEDENTES



2.1 Betabel

La remolacha o betabel es la raíz profunda, grande y carnosa que crece en la planta del mismo nombre. Perteneciente a la familia de las *amaranthaceae*, posee un sabor muy dulce que se aprovecha para la obtención de azúcar y su pulpa para colorantes, prefiere los climas fríos para su desarrollo y en México puede cosecharse durante todo el año (SAGARPA, 2016). Se trata de una raíz casi esférica de forma globosa. Tiene un diámetro de entre 5 y 10 cm y puede pesar entre 80 y 200 g. Su color es variable, desde rosáceo a violáceo y anaranjado rojizo hasta el marrón (Figura 1). La pulpa suele ser de color rojo oscuro. El sabor, debido a que se trata de una raíz en la que se acumulan gran cantidad de azúcares, es dulce (Moreiras *et al.*, 2013).

El betabel procede de la especie botánica *Beta marítima*, conocida popularmente como «acelga marina» o «acelga bravía», planta originaria en la zona costera del norte de África. Su cultivo es muy antiguo, data del siglo II a.C., y dio lugar a dos hortalizas diferentes: una con follaje abundante, la acelga, y otra con raíz engrosada y carnosa, el betabel. Las variedades más importantes de betabel son la forrajera (para alimentación animal) y la común o roja (como hortaliza) (Moreiras *et al.*, 2013). El betabel aunque está considerado como una hortaliza, también puede denominarse tallo engrosado bulboso, con un alto valor nutritivo con cantidades considerables de vitamina C, hierro, magnesio y potasio cuyo uso se reduce principalmente a jugos y ensaladas (SAGARPA, 2017).



Figura 1. Betabel

Fuente: Alimentación sana (2015).

ANTECEDENTES



El pigmento rojo de este tubérculo se conoce como betalaína. Debido a su fuerte potencial antioxidante, las betalaínas poseen una intensa actividad antibacteriana y antiviral (Kowalski y Szadzinska, 2014), por lo tanto, pueden considerarse como un factor en la prevención del cáncer (Figiel, 2010). Desafortunadamente, las betalaínas son muy sensibles a la luz, calor y oxígeno (Kowalski y Szadzinska, 2014).

2.1.1 Morfología y taxonomía

Esta planta herbácea es de vida corta, siendo de un tamaño de 0.6 a 1 m de alto (Figura 2). En la Tabla 1, se describe su morfología.

Tabla 1. Morfología del betabel rojo

Parte	Característica
Tallo	Ramificado en la parte superior, verdes o a veces rojizos.
Hojas	Alternas, algo carnosas, las basales dispuestas en roseta, grandes (de hasta 20 cm de largo), pecioladas, a veces con el margen sinuado, las hojas superiores más chicas y casi sésiles.
Inflorescencia	Las flores con sus respectivas brácteas se encuentran en grupitos compactos dispuestos en espigas terminales, simples o ramificadas o en las axilas de las hojas
Flores	Puesto que en estas flores no se distingue el cáliz de la corola, la estructura que protege al ovario y/o a los estambres se llama perianto. El perianto unido basalmente al ovario, hacia el ápice dividido en 5 segmentos oblongos, de unos 2 mm de largo, algo doblados longitudinalmente (carinados); estambres 5; estilos y estigmas de 2 a 4, aunque generalmente 3.
Frutos y semillas	Fruto seco que no se abre, con una cubierta membranosa separada de la semilla, conteniendo una sola semilla, este fruto llamado utrículo está encerrado en el perianto endurecido y parcialmente soldado con él. Semilla horizontal, circular o en forma de frijol (reniforme).
Raíz	Raíces muy engrosadas, a veces creciendo como una verdura que se conoce como el betabel

Fuente: Hanan-Alipi y Mondragón-Pichardo (2009).

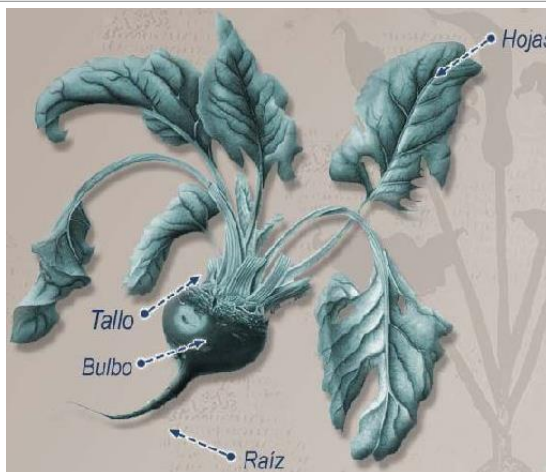


Figura 2. Morfología del betabel
Fuente: Murcia (2017).

El betabel rojo es conocido de diferentes maneras, según el país en donde se encuentre. Se conoce como Betabel, betarraga, remolacha, beterrada, beteraba y betarava. En la Tabla 2 se muestra la taxonomía del betabel.

Tabla 2. Taxonomía del betabel rojo

Nombre científico	<i>Beta vulgaris</i> L.
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Amaranthaceae</i>
Subfamilia	<i>Chenopodioideae</i>
Genero	<i>Beta</i>
Especie	<i>Beta vulgaris</i> L.

Fuente: Méndez (2010).







2.1.2 Variedades

No todo el betabel son de color rojo-morado; existen variedades con diferentes tamaños y colores, incluyendo remolachas amarillas y hasta deslumbrantes remolachas rayadas (Leyva, 2017).

En la tabla 3 se muestran las diferentes variedades que existen y algunos rasgos característicos como el color y sabor.

Tabla 3. Variedades de betabel

Tipo	Color	Sabor	Imagen
Rojas o moradas	Rojo-morado intenso	Dulce-terroso	
Golden o doradas	Anaranjada-amarilla	Suave, poco dulce-terroso	
Rayada o chioggia	Anillos rojos y blancos	Dulce	
Azucarera o de azúcar	Blanquecina	Muy dulce	

Fuente: Leyva (2017).



Debido a las diferentes variedades existentes, la composición química de cada variedad también difiere una de la otra.

2.1.3 Composición química

El betabel posee hojas comestibles en su parte superior, las cuales contienen beta carotenos, calcio y hierro, estas pueden cocerse de igual manera que las espinacas. En las civilizaciones antiguas sólo se comían las hojas, y la raíz se usaba como medicamento para tratar dolores de cabeza y dolores de muelas (García, 2012).

Las propiedades medicinales del betabel rojo ayudan a combatir la hipertensión arterial, estreñimiento, enfermedades sanguíneas, debilidad en los huesos, obesidad, anemia, entre otros males debido a sus componentes químicos como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Composición química del betabel rojo

	Por 100 g de porción comestible	Por unidad mediana (150 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (Kcal)	37	46	3.000	2.300
Proteínas (g)	1,3	1,6	54	41
Lípidos totales (g)	Tr	Tr	100-117	77-89
AG saturados (g)	—	—	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	—	—	67	51
AG poliinsaturados (g)	—	—	17	13
ω -3 (g)*	—	—	3,3-6,6	2,6-5,1
C18:2 Linoleico (ω -6) (g)	—	—	10	8
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	6,4	7,9	375-413	288-316
Fibra (g)	3,1	3,8	>35	>25
Agua (g)	89,2	160	2.500	2.000

Fuente: Moreiras *et al.* (2013).



2.1.4 Importancia económica

En 2017 se registró una producción 20 mil 642.44 toneladas en donde Puebla ocupa el primer lugar con una producción de 8 mil 622.09, seguido de Jalisco y Sonora con una producción de 3 mil 224.17 y 3,004.50 respectivamente (Figura 3); generando ganancias de \$101, 757.18 MXN (SIAP, 2018).

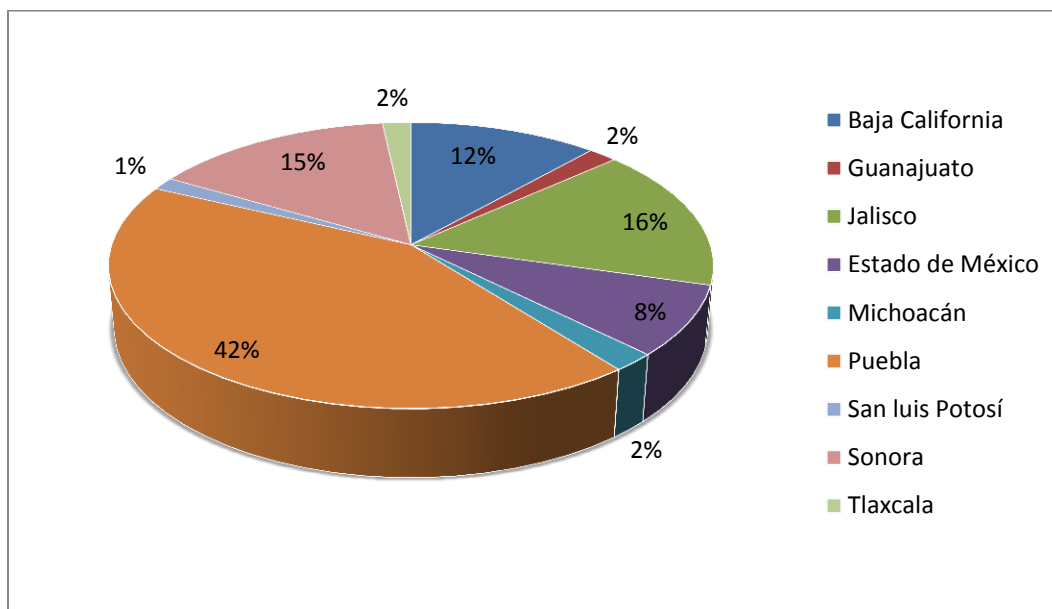


Figura 3. Producción del betabel en el 2017
Fuente: SAGARPA (2017).

México se posicionó en el lugar 9 como productor de hortalizas en el mundo en el 2016, al alcanzar una producción de 14.1 millones de toneladas de una amplia variedad de especies de este alimento que se desarrolla a lo largo y ancho del territorio nacional. Esta cifra fue 6% superior a lo alcanzado en el año anterior (SIAP, 2016).

Las cinco principales hortalizas por volumen de producción que se cultivan en México son: jitomate, chile verde, cebolla, elote y pepino, que en conjunto aportaron cerca de 9.1 millones de toneladas; además de otros tipos de hortalizas como: raíces entre estos el betabel, nabo, rábano, zanahoria, por mencionar

ANTECEDENTES



algunos. México tiene una significativa y variada producción de hortalizas que posibilitan la distribución interna y la demanda de otros países (SIAP, 2016).

En la figura 4 se muestra como México es una de los países exportadores de tubérculos con un valor menor a 5, 582, 092 miles de USD en el 2017.

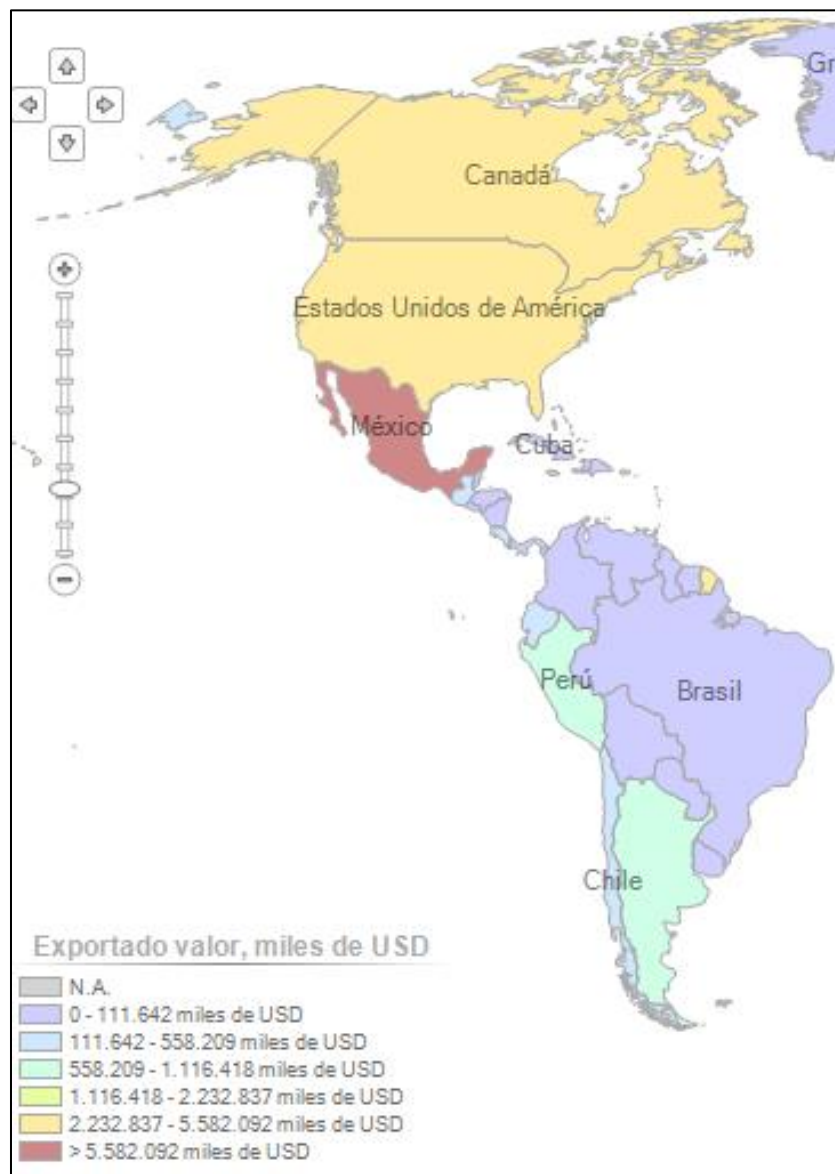


Figura 4. Países exportadores de hortalizas, plantas y tubérculos alimenticios
Fuente: ITC (2017).



El Servicio de Mercado Agrícola (Agricultural Marketing Service) del Departamento de Agricultura de Estados Unidos reporta la exportación de 190.65 toneladas de betabel desde noviembre del año pasado hasta noviembre del 2018, siendo la Frontera San Luis, AZ quien recibe las toneladas de esta hortaliza (AMS, 2018).

2.1.5 Productos- usos

El betabel pertenece a los tubérculos más comunes que se cultivan en México y su consumo puede ser tanto en crudo como en preparaciones de ensaladas y jugos frescos, fermentados o cocidos (Juszczak *et al.*, 2010).

Este tubérculo puede consumirse crudo o cocido, en jugos, licuados, ensaladas, para mejorar el color de la pasta de tomate, las salsas, los postres, mermeladas y jaleas, helados, dulces y cereales, así como en formas secas como té, polvo en panadería, complementos alimenticios, etc. (Figura 5) (Glokhale y Lele, 2011).



Figura 5. Productos de betabel a) Jugo del Valle (Superama, 2018), b) Mermelada (Ingredientia Gourmet, 2018) c) Mínimamente procesado (Walmart, 2018) d) Pasta (Thrace, 2015) e) Ensalada (Ricas recetas, 2018) f) Panques (Ruta de la seda, 2010) g) Helado (Berruecos, 2016) h) Jugo casero (Remedios 10, 2018).



A pesar del contenido nutricional de los tubérculos, su consumo es limitado, debido a ser sujetos a pérdidas nutricionales post-cosecha. Esto puede solucionarse con la conversión de los tubérculos de un producto perecedero a uno no perecedero, como las botanas, diseñadas para ser más durables y atractivas que los alimentos naturales (Mazumder *et al.*, 2007).

2.2 Botanas

2.2.1 Definición

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, 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 (Figura 6) (PROY-NOM-216-SSA1-2002). Sin embargo, por el incremento de la demanda de estos productos, la mayoría de las grandes industrias botaneras, han modificado los ingredientes y elaboración; actualmente estos productos están elaborados para ser menos perecederos y más apetecibles con relación a los alimentos naturales. Muchas veces son clasificados como "comida basura" al tener poco o ningún valor nutricional, exceso de aditivos, grasas y no favorecer a la salud general, contribuyendo así al gran problema de salud pública en México y en el mundo (Gómez-López, 2013).



Figura 6. Botanas
Fuente: Rosendo (2012).



Las botanas (snacks en inglés) son un tipo de alimento que en la cultura occidental no es considerado como uno de los alimentos básicos de la dieta diaria (desayuno, almuerzo o cena). Generalmente se utilizan para satisfacer el hambre temporalmente, proporcionar una mínima cantidad de energía para el organismo, o simplemente por placer (Limón, 2006).

2.2.2 Importancia económica

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), los snacks fritos generan en México un mercado cuyo valor asciende a 3.232 millones USD, y una producción de 22.558 toneladas. El estudio Brand Footprint en 2018, en México entre las marcas de mayor consumo de bebidas son Coca Cola; mientras que en el sector alimentos son botanas de grupo Pepsi Co, principalmente Sabritas, Doritos, Ruffles y Cheetos (Forbes, 2018).

Dentro de los snacks dulces y salados, los chips de tortilla fueron los que tuvieron el mejor desempeño en el 2015; este producto puede ser una opción económica al consumirse con complementos como salsas o guacamole. Se prevé que para el 2020 el mercado de botanas en México alcance un crecimiento del 15% aproximadamente (Procomer, 2017).

El consumo de botanas promedio anual por mexicano en el año 2000, fue de 2.3 kg, mientras que en el año 2010 aumentó a 4 kg, representando un incremento del 70% (CANACINTRA, 2012).

Existen 130 empresas fabricantes establecidas y registradas en el Quinto Directorio Nacional de Fabricantes de Botanas la mitad de las empresas fabricantes de encuentran localizadas en la ciudad de México, Jalisco y Nuevo León, la otra mitad se encuentran repartidas en el resto del territorio nacional (Figura 7) (Hernández y Bustamante, 2012).

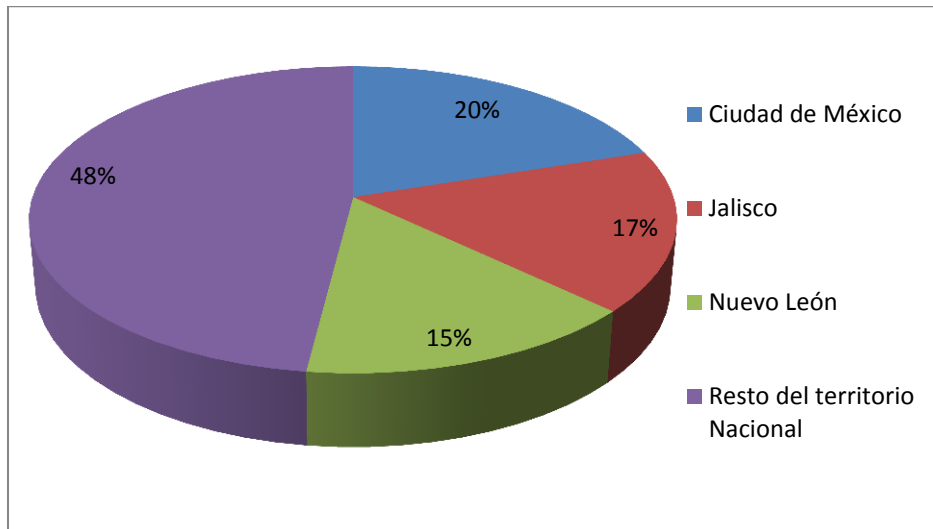


Figura 7. Fabricantes de Botanas en México
Fuente: Hernández y Bustamante (2012).

La industria de las botanas generan 50,000 empleos directos y los indirectos pueden sumar alrededor de 150,000 (Hernández y Bustamante, 2012).

2.2.3 Clasificación

Las botanas se pueden clasificar de acuerdo a la materia prima base que se emplee para su obtención, de la siguiente forma: Palomitas de maíz, Nueces, almendras y cacahuates, papa, maíz, trigo, animal harinas y almidones (Serna-Saldivar y Amaya-Guerra, 2008). Y también se pueden clasificar en botanas de primera, segunda y tercera generación, los fabricantes de éstas utilizan estos tres términos principales para identificarlas (Tabla 5):



Tabla 5. Clasificación de botanas de acuerdo a su generación

Botana	Características
<p data-bbox="272 415 721 451">Botanas de primera generación</p> 	<p data-bbox="797 464 1398 625">En esta categoría se sitúan todos los productos naturales utilizados para botana, como nueces, papas fritas y palomitas</p>
<p data-bbox="266 684 727 720">Botanas de segunda generación</p> 	<p data-bbox="797 726 1398 1178">La mayoría de las botanas actuales están incluidas en esta categoría. Las botanas de un solo ingrediente como los totopos o cheetos y las botanas directamente expandidas se sitúan en esta categoría. Se llaman productos directamente expandidos porque no requieren procesamiento adicional después de la extrusión para completar la expansión del producto, y se dice que son los productos más fáciles de hacer con un extrusor.</p>
<p data-bbox="277 1367 716 1402">Botanas de tercera generación</p> 	<p data-bbox="802 1230 1398 1850">En esta categoría se incluyen las botanas y pellets de múltiples ingredientes, así como las botanas que se hayan cocinado mediante extrusión. También llamadas productos indirectamente expandidos, productos intermedios o semiproductos, aunque el producto obtenido no se encuentra listo para ser consumido. La presentación final viene comúnmente después de un freído en aceite caliente o expansión con aire caliente. Generalmente contienen al menos 60% de almidón para alcanzar la expansión máxima durante el proceso de post-extrusión.</p>

Fuente: Riaz (2006), Sevatson y Huber (2000), Huber (2001).



Las botanas son ampliamente consumidas, sin embargo los consumidores tienen mayor aceptación hacia cierto tipo de botanas por encima de otras, como se muestra en la figura 8.

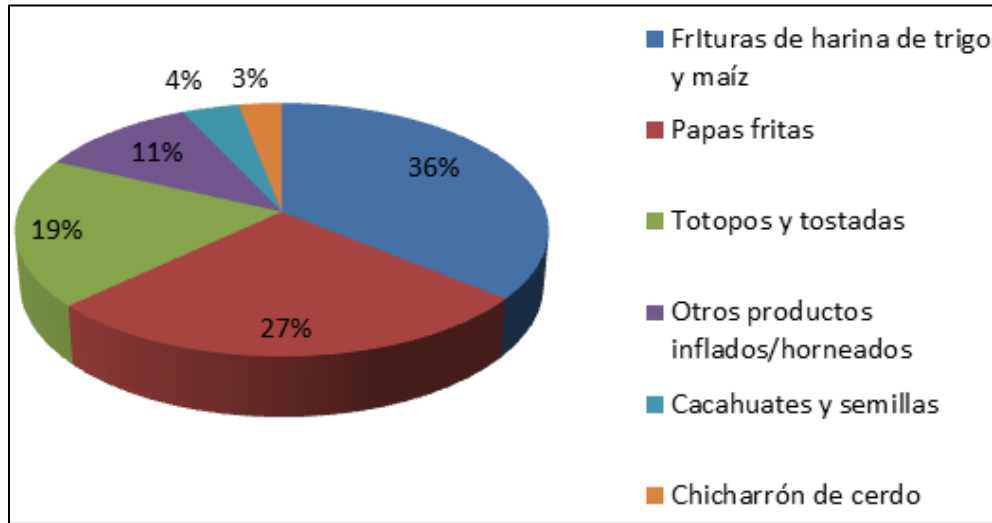


Figura 8. Porcentaje de consumo de botanas
Fuente: CANACINTRA (2012).

Varios productos que se consumen principalmente como alimento botana se aceptan cada vez más como elementos de acompañamiento, por ejemplo, hojuelas de maíz o papas fritas servidas en lugar de puré de papas (Riaz, 2006).

Siendo que, en México en el último año, 90% de los hogares adquirió papas fritas, las compró 13 veces al año con un promedio de un kilo, que les representó un gasto cercano a los \$202.00 pesos, reveló un estudio realizado por Kantar Worldpanel. Agregó que en un año los mexicanos compran cuatro distintos sabores de papas, donde destacan en primer lugar las originales de sal, con 33%; con queso, 20%; adobadas, con 8%; jalapeños, con 7%, así como con chile limón con 3% de preferencia (Notimex, 2018).



2.2.4 Papas fritas tipo chip

Se definen como el producto obtenido de patatas sanas, lavadas, peladas, cortadas y fritas en aceite de oliva u otros aceites y grasas vegetales comestibles (Figura 9) (Boletín Oficial del Estado, 1989).

Las patatas fritas, “chips”, son láminas delgadas de patatas fritas en un baño de aceite a 170-180°C, deben ser de color claro y uniforme, deben presentar una textura crujiente con un contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) bajo) y con ausencia de acrilamida producto de un proceso de fritura excesivo (Kadiri, 2017).



Figura 9. Papas fritas
Fuente: Pérez (2018).

Son necesarias alrededor de 4 toneladas de patatas para producir una tonelada de patatas fritas. La industria emplea variedades de patatas especialmente seleccionadas, como Saturna, Bintje, Lady Roseta, Hermes y Erntestolz (Asociación de Fabricantes de Aperitivos, 2009). Al freírse, las patatas pierden agua por evaporación y absorben aceite. En general, las grasas suponen entre el 30% y el 40% de estas patatas fritas, los hidratos de carbono aproximadamente el 50% del producto y las proteínas (6%) son de valor biológico medio, dado que son de origen vegetal. Del resto de nutrientes, destaca su contenido en sal (entre el 0,6% y el 1,7%, según las muestras). Además, aportan fósforo y otros minerales.



Con la fritura, parte de la vitamina C de las patatas se pierde, aunque se conservan el resto de vitaminas hidrosolubles, presentes en pequeña cantidad (Navarre *et al.*, 2009).

2.2.5 Proceso de elaboración de botana tipo chip

Descripción del proceso (Figura 10):

- ✓ Recepción y almacenamiento de materia prima: esta parte es muy importante ya que se seleccionan las papas con contenido de azúcar bajos o se los almacena a una temperatura que produzca lo mínimo de esto
- ✓ Selección: las papas deben cumplir con un tamaño adecuado entre 4 y 6 cm de largo, un contenido de materia seca mayor al 20%, ideal del 25%, bajo contenido de azúcares reductores; ideal del 0.1%, no mayor al 0.33%
- ✓ Lavado: lavadas en tolvas con agua
- ✓ Pelado: se trata de un pelado abrasivo. La superficie abrasiva arranca la piel, que seguidamente es arrastrada por una corriente de agua
- ✓ Rebanado: las papas peladas son cortadas en rodajas o rebanadas de 1/15 a 1/25 pulgadas por una rebanadora rotativa
- ✓ Freído: el tiempo de fritura oscila entre 2 y 3 min, con una temperatura entre 140 a 180° C; la proporción de aceite y el peso de las rebanas crudas es de 6 a 1.
- ✓ Escurrido: las rebanadas son pasadas a través de un transportador de enfriamiento
- ✓ Condimentado: es importante que la grasa sea líquida en este punto para causar la máxima adherencia de gránulos. Los polvos saborizantes son añadidos al equipo rociador de condimentos
- ✓ Empaque: el producto terminado se envasará en bolsas de película flexible mediante una pesadora envasadora multicabezal totalmente automatizada, que realiza las funciones de pesado de las patatas, formación de las bolsas



a partir de la película flexible termosoldable embobinado y llenado y cerrado de las mismas

- ✓ Almacenamiento: a temperaturas entre 16-25° C, en locales amplios y bien ventilados

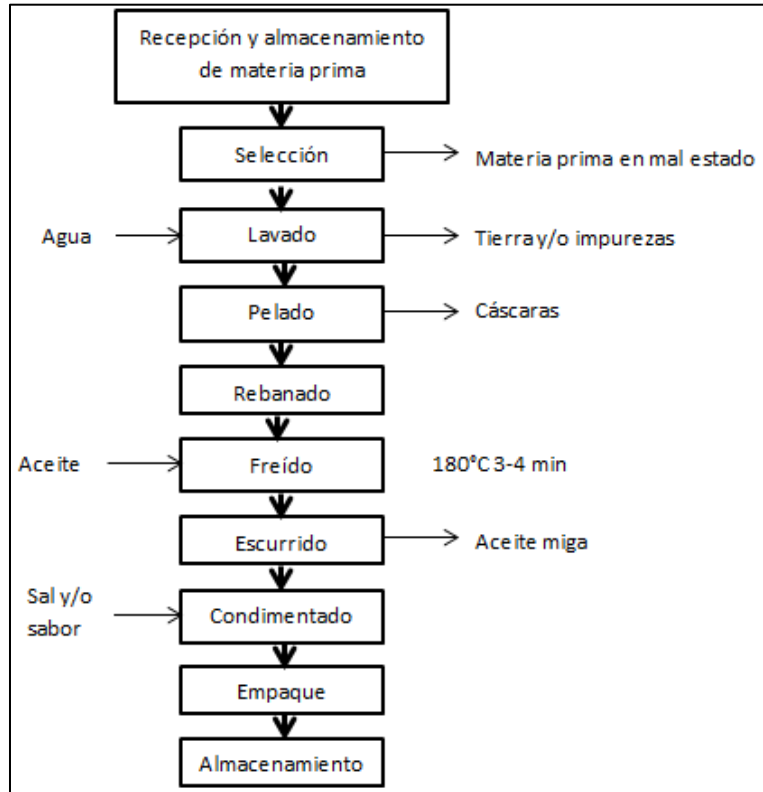


Figura 10. Diagrama de proceso de botana tipo chip
Fuente: Álvarez (2012).

Las grasas suponen entre el 30 y el 40% de estas patatas fritas, siendo que el alto consumo de alimentos fritos es un factor de riesgo para la salud, principalmente por su alta densidad energética que se presenta a expensas de la grasa (FAO, 2002), por lo que presenta una gran problemática al sector que consume este tipo de alimento.



2.2.6 Contenido de grasa en botanas fritas

En el 2008, la Revista del consumidor publicó un estudio realizado por la PROFECO en donde evaluaron 26 papas fritas envasadas y 4 productos de harina de papa, dentro de estas marcas de frituras las más reconocidas comercialmente son las siguientes, las Lay’s y pringles, obteniendo que las Lay’s Brand contienen 30.5 g. de grasa y su aporte calórico es de 542 g., por otro lado, las pringles originales presentaron 38.9 g. de grasa y un aporte calórico de 586 g.; estos resultados se calcularon en base a 100 g. del producto final (Tabla 6).

Tabla 6. Estudio realizado por la PROFECO a botanas de papa (PROFECO, 2008).

Marca / denominación / país de origen / presentación	Información del consumidor	Contenido de grasa promedio (g/100g)	Grasa saturada promedio (g/100g)	Aporte calórico promedio (g/100g)	Contenido de sal (g/100g)	Tendencia a la rancidez (meq/Kg)
Lay’s Brand / Hojuelas de papa con sal / México / 163g.	Menos proteína y grasa de lo declarado	30.5	3.0	542	1.0	1.2 ^A
Pringles mini / Snacks a base de papa – botana crujiente de papa / EU / 23g.	Completa	30.4	8.6	545	1.1	12.6 ^C
Pringles Original / Crujientes de papa / EU / 170g.	Menos grasa de lo detectado	38.9 ^{**}	11.2	586	0.8	2.4 ^A
Pringles / Smart Flavors original reducida en grasa / EU / 145g.	La denominación no aparece en español. Menos grasa de lo declarado.	28.0	8.2	534	0.9	2.5 ^A

Fuente: Revista el consumidor, 2008

A Tendencia a la rancidez baja
 B Tendencia a la rancidez media
 C Tendencia a la rancidez alta

* Mas de 50% de lo recomendado por la FAO/OMS para grasas saturadas.
 ** Mas de 50% de lo recomendado por la FAO/OMS para grasas totales.



2.2.7 Reducción de grasa en botanas fritas

Así pues, diversos estudios del efecto de la congelación, el aire y el secado osmótico en la absorción de aceite durante la fritura de papas han señalado que existen muchos tratamientos de pre fritura que intentan reducir la absorción de aceite mediante la reducción de la permeabilidad de la superficie (Moreno y Bouchon, 2008). Por todo lo anterior, se señalan algunas recomendaciones prácticas para disminuir la absorción de aceite durante el proceso de fritura y lograr un alimento frito menos nocivo para la salud (Montes *et al.*, 2016):

- ◇ Utilizar un cuchillo liso para cortar los alimentos que se van a freír, de tal manera que la superficie del alimento sea lo más lisa posible.
- ◇ Utilizar aceites con mayor contenido de ácido oleico, como el aceite de oliva o girasol, porque son más estables a altas temperaturas.
- ◇ Secar los alimentos tanto frescos como congelados y pre-fritos antes de que sean fritos.
- ◇ Al momento de extraer el alimento de la fritura, se debe agitar intensamente, procurando drenar la mayor cantidad de aceite posible.
- ◇ Al rebozar alimentos, utilizar espesantes en base a harina de arroz.
- ◇ Al terminar el proceso de fritura, poner el alimento en papel absorbente para eliminar el exceso de aceite
- ◇ No reutilizar el aceite para freír, evitando frituras discontinuas. Debido a que repetidos calentamientos y enfriamientos, incrementa los compuestos tóxicos, como hidroperóxidos y radicales libres.

Así mismo los tratamientos de pre fritura como el secado por aire caliente y el secado por vapor muy caliente, son dos procesos que han mostrado reducir significativamente la absorción de aceite después de la fritura. Se reduce bajando el contenido de humedad del alimento antes de freír, usando horno microondas, horno convencional y aire caliente. Los alimentos secados por aire disminuyen la



absorción de aceite por la baja permeabilidad de la capa externa (Moreno y Bouchon, 2008).

2.3 Secado

2.3.1 Definición

El secado es una alternativa al consumo de frutas y verduras frescas, y permite su uso durante la temporada baja. Es uno de los métodos más utilizados para la conservación de alimentos, y su principal objetivo es eliminar agua de los alimentos para evitar el deterioro microbiano y las reacciones de deterioro. Además, se necesitan espacios más pequeños para el almacenamiento y el transporte (Rakcejeva *et al.*, 2011).

El método de secado puede afectar el color, forma, estructura, componentes nutricionales y nutracéuticos. Entre los criterios contemplados para secar los alimentos, además del aspecto básico de lograr su conservación, se incluye el hecho de lograr la disminución de peso. Es conveniente tener presente algunas consideraciones para la velocidad máxima en el secado (Boucher, 1991):

- Dado que para el secado de los alimentos la resistencia a la evaporación de agua está constituido principalmente por la difusión de agua dentro del producto, el tiempo de secado es proporcional al cuadrado del espesor. Por lo tanto, en general se subdivide la materia prima por deshidratar en piezas pequeñas o capas delgadas.
- Cada producto tiene un comportamiento propio durante su deshidratación, por lo tanto, es importante definir por medio de la elaboración de cinéticas de secado y de un estudio cualitativo del producto final, las condiciones de secado (temperaturas y humedad del aire cuando se trate de secado de arrastre y tiempo de tratamiento).

ANTECEDENTES



- Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura o de humedad entre el producto y el medio de calentamiento, más rápida será la deshidratación. Pero cuanto más drásticas sean las condiciones de secado, más fuerte será el daño cualitativo. Por lo tanto, se debe hacer siempre entre esos dos aspectos.

En el secado el contenido de humedad se reduce normalmente hasta el 5-6%, ya que con mayor grado de humedad pueden tener lugar algunas reacciones químicas. Este nivel está suficientemente por debajo del límite requerido para el crecimiento bacteriano (18-20% de humedad) (Nuffield Foundation, 1984).

En la deshidratación de frutas y verduras, se aplica calor para evaporar el agua y removerla después de su separación de los tejidos del fruto. El calor se puede aplicar al alimento por conducción, radiación o convección (Figura 11). Aunque estos tres mecanismos de transferencia de calor se pueden utilizar durante la deshidratación, normalmente, dependiendo del producto, uno de estos es el que domina. El método más común para transferir el calor a frutas y verduras, en el proceso de deshidratación, es la utilización de aire caliente, donde la convección es el principal fenómeno donde la convección es el principal fenómeno de transferencia (Costa y Ferreira, 2007).

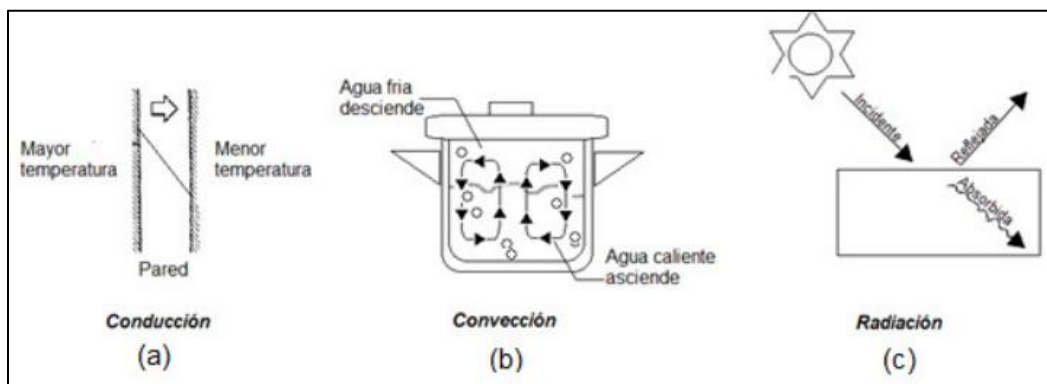


Figura 11. Esquemas de transferencia de calor: a) conducción, b) convección y c) radiación

Fuente: Pérez-Reyes y Sosa-Morales (2013).



2.3.2 Tipos de secado

2.3.2.1 Secado por conducción

La conducción ocurre cuando existe un gradiente de temperatura en un cuerpo, ya que se presenta una transferencia de energía de la región de alta temperatura a la de baja temperatura (Pérez-Reyes y Sosa-Morales, 2013). Los secadores por conducción se caracterizan porque en ellos la transmisión de calor hasta el material húmedo tiene lugar por conducción a través de una pared, generalmente metálica (Fito-Maupoe y *et al.*, 2001). La fuente de calor puede ser:

- ◇ Vapor que condensa
- ◇ Agua caliente
- ◇ Aceites térmicos
- ◇ Gases de combustión
- ◇ Resistencia eléctrica

Estos secadores permiten la recuperación del disolvente y son apropiados para la desecación a presiones reducidas y en atmósferas inertes, lo que les hace recomendables para deshidratar productos termolábiles o fácilmente oxidables, pudiendo utilizar métodos de agitación para asegurar una mejor transmisión de calor y eliminar los gradientes de humedad del producto (Fito-Maupoe y *et al.*, 2001).

2.3.2.2 Secado por convección

La convección es la transferencia de calor entre partes relativamente frías y calientes de un fluido por mezclado (Pérez-Reyes y Sosa-Morales, 2013). Los secadores convectivos se caracterizan por utilizar gases calientes que entran en contacto directo con el sólido húmedo al que transmiten calor por convección



fundamentalmente y que arrastran fuera del secador los vapores producidos. Los gases calientes pueden ser (Fito-Maupoe *et al.*, 2001):

- Aire calentado por vapor de agua
- Productos de la combustión
- Gases inertes
- Vapor recalentado
- Aire caliente por radiación solar

En este tipo de secadores el consumo de combustibles es tanto mayor cuanto más bajo es el contenido de humedad residual del producto final. Pueden ser continuos o intermitentes, siendo el costo de funcionamiento menor en los primeros y utilizándose para bajas capacidades de producción y para el tratamiento de productos que exigen manipulación especial (Fito-Maupoe *et al.*, 2001).

Los equipos de secadores directos o por convección son en general aparatos sencillos y de fácil manejo; constan, en esencia de las siguientes partes (Fito-Maupoe *et al.*, 2001):

- Recinto
- Sistema de calefacción
- Sistema de impulsión de aire

Los secadores por convección son ampliamente utilizados para aumentar la vida útil de un gran número de alimentos con contenidos en humedad superiores al 80%, como es el caso de hortalizas y frutas. No obstante, dependiendo de las condiciones del proceso pueden producirse cambios físicos, químicos y fisicoquímicos en los constituyentes de los productos deshidratados, alterándose consecuentemente su calidad (Santos-Gamboa *et al.*, 2012).

El secador por convección más simple es el de horno o estufa (Figura 12), se lleva a cabo por medio de aire caliente que produce la remoción de líquido de un sólido



por evaporación (Perry y Chilton, 1984), consta de una construcción de dos secciones de calefacción; el producto es colocado sobre la placa ranurada y el aire caliente es llevado de la sección baja hacia la sección de secado a través de la placa (Barbosa y Vega, 1996).



Figura 12. Estufa de secado por aire caliente

Sin embargo, las altas temperaturas o largos tiempos de secado con aire pueden causar graves daños principalmente en la degradación de pigmentos, como el licopeno (responsable del color rojo de los tomates) y la clorofila, las hexosas y componentes aminoácidos, la oxidación de ácido ascórbico y el oscurecimiento por reacción de Maillard (Heredia *et al.*, 2007).

2.3.2.3 Secador por radiación

La radiación es el mecanismo que implica la transferencia de energía radiante de una fuente a un receptor, lo que genera un aumento de temperatura en el mismo (Pérez-Reyes y Sosa-Morales, 2013). Así pues, los secadores por radiación se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad del producto, no son formas de calor sino formas de energía que se manifiesta como calor a través de su interacción con la materia; el calentamiento puede realizarse en segundos o minutos lo que podría tardar horas e incluso días con un método de calefacción convencional. El campo electromagnético generalmente interacciona



con el disolvente, no con el sustrato, por lo tanto, es el agua lo que se calienta y se elimina (Fito-Maupoe *et al.*, 2001).

Uno de los secadores por radiación es el microondas (Figura 13), las microondas son un tipo de tecnologías emergentes, que se definen como aquellas ondas electromagnéticas con una frecuencia que van desde 1 GHz a 300 GHz. La manera en que actúan estas ondas es cuando se ponen en contacto con las moléculas polares como las del agua de un alimento, las cuales tienden a alinearse en el campo electromagnético producido, generando una fricción intermolecular que provoca el calentamiento, dicho calor se transmite por conducción en los sólidos y por convección en los líquidos, ayudando a que la temperatura sea uniforme (To *et al.*, 1974); esto resulta mucho más benéfico en la reducción del tiempo de proceso siendo más uniforme y más eficiente en el uso de la energía comparado con el secado con aire caliente natural o convectivo (Sarimeseli, 2011).



Figura 13. Microondas convencional

Las aplicaciones de la energía de microondas han sido ampliamente estudiadas en las últimas décadas en un amplio espectro, donde los resultados reportan una exitosa mejora en los resultados de los experimentos con respecto a los métodos convencionales. La mayoría de los estudios llevados a cabo con energía de microondas se han centrado principalmente en su capacidad de calentamiento debido a la transferencia directa hacia el material que permite un calentamiento rápido y volumétrica de la muestra, mientras evita complicaciones como los

ANTECEDENTES



amplios gradientes de temperatura entre la superficie y el interior tal como se presenta en los métodos convencionales (Bélanger *et al.*, 2008).

La calidad de los productos pueden ser mejoradas, dado que se generan elevadas temperaturas en la superficie, no tienen lugar sobrecalentamientos o disminución de tamaño, tan frecuentes en los métodos convencionales (Fito-Maupoy *et al.*, 2001), también reduce el contenido de grasas y aumenta el contenido de proteínas en un alimento, al mismo tiempo se obtiene un producto con una estructura visiblemente más fina (Sagñay, 2009).



3. OBJETIVOS



3.1 Objetivo general

Desarrollar una botana tipo chip de betabel (*Beta vulgaris L.*) con la aplicación de diferentes métodos de secado (estufa y microondas), así como un posterior freído evaluando dos saborizantes (queso y adobado picante), así como caracterización química, sensorial y microbiológica del producto terminado y estableciendo la vida de anaquel que permita impulsar su consumo.

3.2 Objetivos particulares

Objetivo particular 1

Elaborar una botana tipo chip de betabel (*Beta vulgaris L.*) evaluando el efecto de 2 métodos de secado (estufa y microondas), así como un posterior freído por medio del análisis de propiedades físicas (sólidos solubles, color y textura), químicas (humedad) sensoriales (sabor, color, olor, textura, aceptabilidad) y microbiológicos (coliformes, mohos y levaduras) para elegir el método que preserve sus propiedades nutritivas y así promover su consumo.

Objetivo particular 2

Aplicar diferentes saborizantes (queso y adobado picante) en la botana, evaluando las propiedades físicas (color y sólidos solubles) y sensoriales (sabor, color, olor, textura, aceptabilidad) para seleccionar la de mayor preferencia en consumidores potenciales.

Objetivo particular 3

Determinar la composición química de la botana tipo chip de betabel con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 para la elaboración de la etiqueta así como su

OBJETIVOS



comparación con la información nutrimental de otros chips hortícolas existentes en el mercado.

Objetivo particular 4

Determinar la vida útil de la botana tipo chip en diferentes envases (celofán y laminado) por medio de una prueba de vida de anaquel acelerada (25, 35, 45°C), mediante el análisis microbiológico (coliformes, mesófilos, mohos y levaduras) y grado de rancidez (ácidos grasos libres, peróxidos, índice de Kreiss) para establecer el tiempo de comercialización.

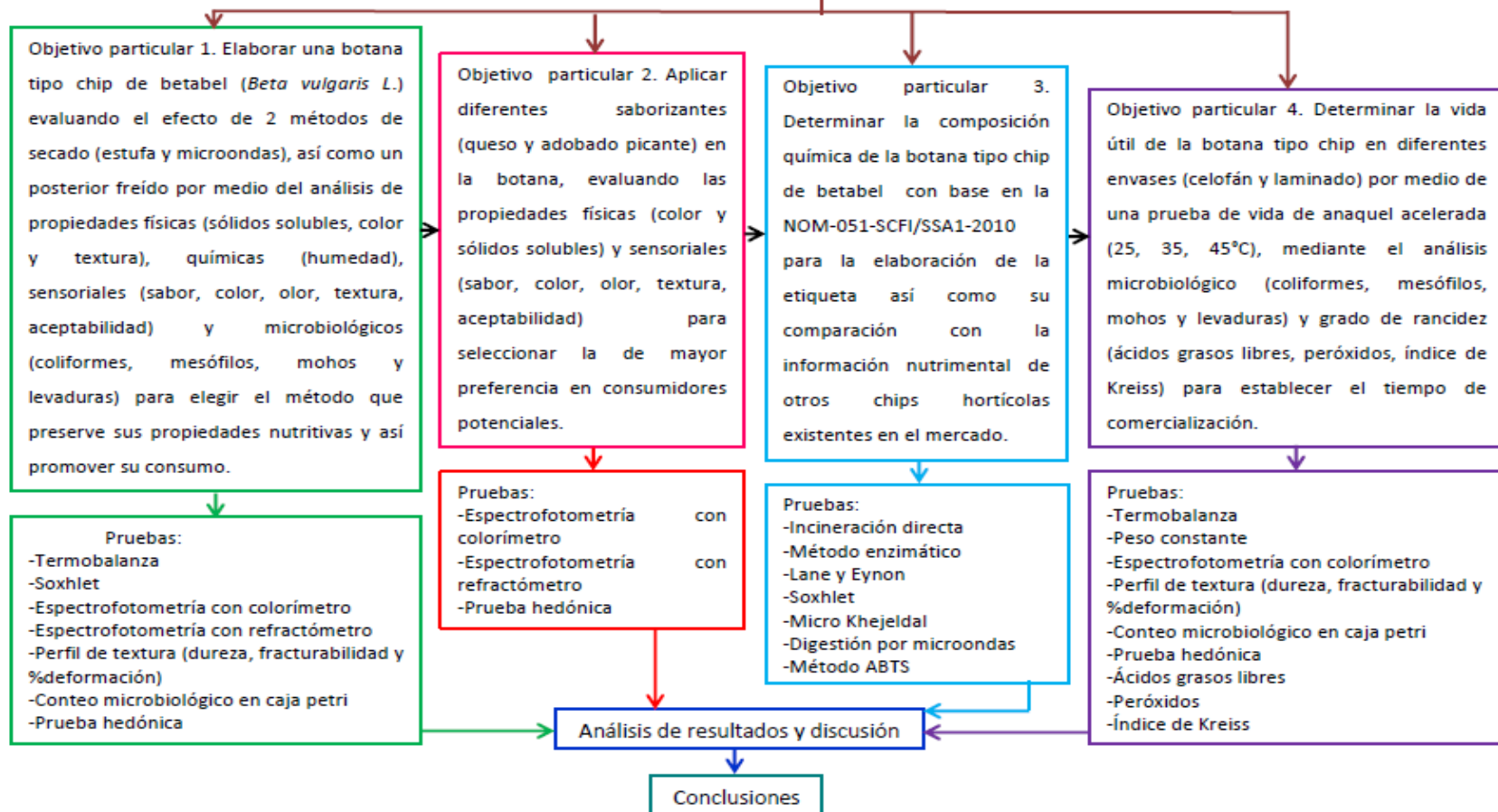


4. MATERIALES Y **MÉTODOS**



4.1 Cuadro metodológico

Objetivo general: Desarrollar una botana tipo chip de betabel (*Beta vulgaris L.*) con la aplicación de diferentes métodos de secado (estufa y microondas), así como un posterior freído evaluando dos saborizantes (queso y adobado picante), así como caracterización química, sensorial y microbiológica del producto terminado y estableciendo la vida de anaquel que permita impulsar su consumo.



MATERIALES Y MÉTODOS



4.2 Material biológico

Para este trabajo se utilizó betabel rojo fresco (*Beta vulgaris* L.) (Figura 14) procedentes de la Central de Abastos de la Ciudad de México. Una vez obtenido el betabel se seleccionaron, lavaron con un estropajo y jabón, pelaron con un cuchillo y se cortaron en una rebanadora (Skymssen, PAIE-S) en rodajas lisas de 1.5 mm. Para posteriormente ser sometidos a la aplicación de los diferentes métodos de secado en estudio.



Figura 14. Betabel fresco

4.3 Elaboración de botana de betabel tipo chip y evaluación de secado

La botana tipo chip tuvo un secado previo al freído para disminuir la absorción de aceite en el producto final. Los dos métodos de secado fueron estufa y microonda, evaluando cual era el que reportaba la menor cantidad de aceite en la botana, por ello en el diagrama de bloques (Figura 15) se observa las condiciones para ambos métodos de secado, así mismo se muestra como de la operación del secado se pasó directo al envasado, esto debido a que a los panelistas se les presentó la botana sólo deshidratada y la deshidratada-frita para que eligieran la de mayor agrado.

MATERIALES Y MÉTODOS

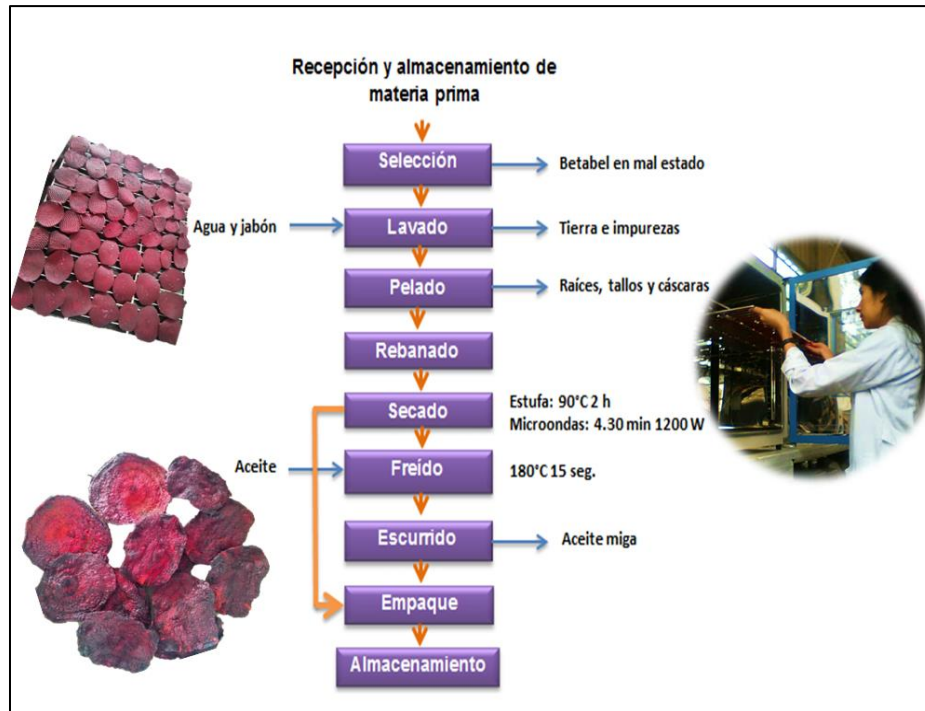


Figura 15. Diagrama de proceso de botanas tipo chip de betabel.

Descripción del proceso:

- Recepción y almacenamiento de materia prima: se seleccionó el betabel ya maduro, pero con una consistencia firme, buen color y aroma, se almacenó en la cámara de refrigeración a una temperatura de 1°C hasta su utilización.
- Selección: el betabel debe de cumplir con un tamaño adecuado de 7 a 9 cm, debe presentar firmeza al tacto y un contenido entre 8 a 12°Brix.
- Lavado: se lavaron manualmente, tallando el betabel con un estropajo y jabón para retirar la tierra y materia extraña.
- Pelado: primeramente se procedió a quitar la raíz y el tallo, posteriormente se retiró la cáscara rotando el bulbo contra el cuchillo.
- Rebanado: el betabel se rebanó en rodajas o rebanas de 1.5 mm por una rebanadora rotativa.
- Secado: el secado en estufa se llevó a cabo en rejillas a 90°C por 2 horas, mientras que el secado en microondas se llevó a cabo en recipientes de

MATERIALES Y MÉTODOS



cerámica o cristal de 30 en 30 segundos, haciendo pausas de 30 segundos, pues no es posible llevar a cabo un secado continuo debido a que el betabel sufrió quemaduras superficiales.

- Freído: el tiempo de fritura fue de 15 segundos a una temperatura de 180°C, en una relación producto:aceite de 1:10, es decir que por cada gramo de rebanadas secas se adicionó 10 mL de aceite.
- Escurrido: las rebanadas se pasaron a un tamiz y se agitaron vigorosamente durante 1 minuto, posteriormente se dejaron reposar sobre papel absorbente durante 5 minutos.
- Empaque: el producto terminado se envasó en bolsas laminadas o de celofán de 40 gr cerrándose con un sellador termosoldable.
- Almacenamiento: a temperaturas entre 16-25°C, en lugares amplios y ventilados.

A la botana se le determinaron propiedades físicas como color, sólidos solubles y textura como se describe en el apartado 4.7.1, propiedades químicas como la humedad y la determinación de lípidos que se describen en el apartado 4.7.2, propiedades microbiológicas que se describen en el apartado 4.7.3, así como también propiedades sensoriales que se describen en el apartado 4.7.4 de esta sección.

4.4 Evaluación de saborizante

Posteriormente para la evaluación sensorial de los sabores queso y adobado picante se evaluó el efecto del momento de aplicación del condimento (Figura 16), ambas aplicadas por aspersion, primeramente se realizó la aplicación en el betabel antes de ser sometido al secado siendo adicionados 3.6 g de saborizante por cada 6 rebanadas frescas; la otra aplicación se realizó después del freído agregando 1 g de saborizante por cada 8 g de betabel frito, por lo que las demás operaciones se mantuvieron igual a las ya anteriormente mencionadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

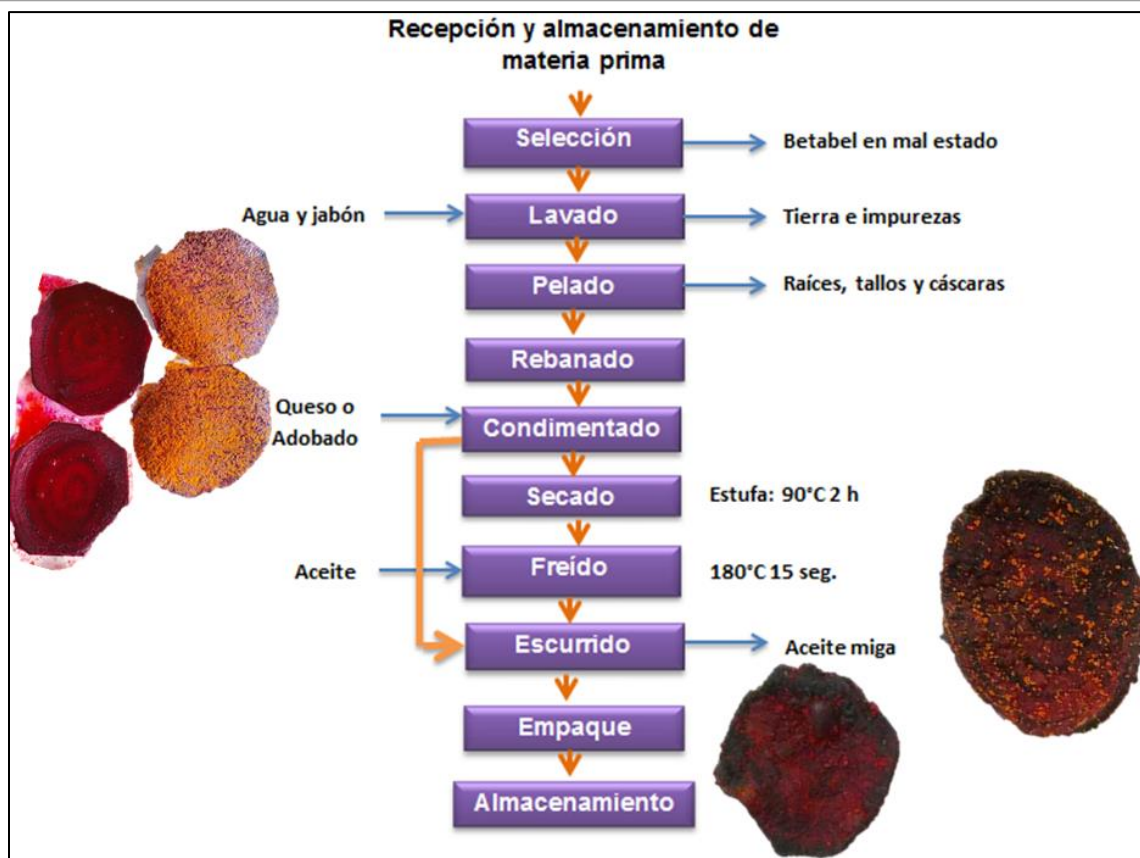


Figura 16. Diagrama de proceso de botanas tipo chip de betabel condimentadas.

A la botana ya condimentada se le determinaron propiedades físicas como color y sólidos solubles como se describe en el apartado 4.7.1 y propiedades sensoriales que se describen en el apartado 4.7.4 de esta sección.

4.5 Composición química

El análisis químico proximal se realizó a la botana deshidratada por estufa, frita y condimentada con adobado picante con el objetivo de elaborar la etiqueta de acuerdo a lo establecido en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, así como para compararse con otros chips hortícolas existentes en el mercado. Las técnicas analíticas utilizadas se describen en el apartado 4.7.2 de esta sección.

MATERIALES Y MÉTODOS



4.6 Vida de anaquel

La vida de anaquel se realizó en condiciones aceleradas, variando el material del empaque y evaluando 9 parámetros diferentes, durante 35 días como se muestra en la figura 17. Los productos fueron elaborados aplicando buenas prácticas de higiene y posteriormente fueron almacenados en incubadoras de acuerdo a la temperatura establecida. Cada 7 días fueron analizadas utilizando las técnicas descritas a continuación.

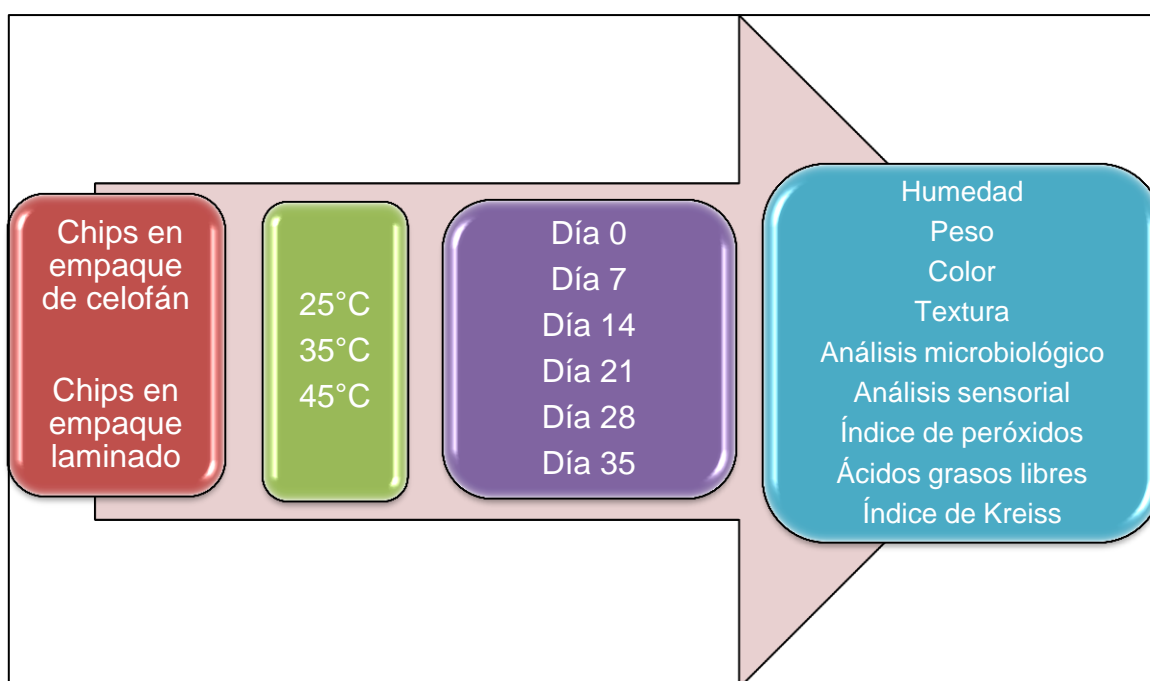


Figura 17. Diagrama del proceso en la evaluación de la vida de anaquel

Una herramienta para predecir los cambios que inducen al deterioro y determinan la vida de anaquel en alimentos es la aplicación de modelos cinéticos de deterioro (García *et al.*, 2011). Estos modelos se basan en la cinética de las reacciones químicas (Fu y Labuza, 1997). Sin embargo, hay que considerar que un alimento es un sistema complejo en el que ocurren diferentes tipos de reacciones, por ello la modelación en este caso se aplica, no a un reactante componente particular del alimento, sino a una característica de calidad que refleja dichas reacciones

MATERIALES Y MÉTODOS



(Salinas-Hernández *et al.*, 2007). Se ha encontrado que el deterioro de los alimentos sigue modelos de orden cero o primer orden; en alimentos con un alto contenido de grasa o lípidos predominan las reacciones de oxidación y estas siguen un comportamiento de orden cero (Labuza, 1984). El modelo para la reacción de orden cero se presenta en la ecuación (1).

$$-\frac{dX}{dt} = k \quad (1)$$

Integrando la ecuación (1) 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.

$$X_f = X_0 - kt_u \quad (2)$$

Asimismo, para describir la dependencia de la constante aparente de velocidad de cambio respecto a la temperatura se utilizó la ecuación de Arrhenius (3). Nelson y Labuza (1994) obtuvieron que el modelo de Arrhenius es útil para describir la dependencia, respecto a la temperatura, de las constantes de reacción en el intervalo en que la mayoría de los alimentos son almacenados (de -20 a 0°C para alimentos congelados y de 4 a 45°C para alimentos refrigerados o deshidratados).

$$k = Ae^{(-E_a/RT)} \quad (3)$$

Al aplicar logaritmos a ambos lados de la ecuación (3) se obtiene la ecuación de una línea recta con pendiente E_a/R , tal como se expresa en la ecuación (4); el término E_a puede evaluarse para conocer el valor de la energía de activación.

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T} \quad (4)$$

Donde K es constante de velocidad de reacción, A es factor de frecuencia, E_a es energía de activación, R es constante de los gases ideales, T es temperatura absoluta (K).

MATERIALES Y MÉTODOS



La determinación de vida útil de los productos finales se realizó teniendo en cuenta el aumento del índice de peróxidos del producto a condiciones aceleradas con ayuda del factor Q_{10} . El parámetro Q_{10} se define como la razón entre la constante de velocidad a una temperatura (T) y la constante de velocidad a otra temperatura ($T+10^{\circ}\text{C}$). Este no es constante sino que depende de E_a y la temperatura absoluta T . El parámetro Q_{10} se calcula de acuerdo a la ecuación (6). Donde k_T es la constante de reacción a T_1 y k_{T+10} es la constante a $T_2 = T_1 + 10^{\circ}\text{C}$. VU_T es la vida útil del producto a T_1 y VU_{T+10} es la vida de anaquel a T_2 .

$$Q_{10} = \frac{k_{T+10}}{k_T} = e^{\left(\frac{10E_a}{RT(T+10)}\right)} = \frac{VU_T}{VU_{T+10}} \quad (6)$$

Durante la vida de anaquel de la botana se le determinaron propiedades físicas como color y textura como se describe en el apartado 4.7.1, propiedades químicas como la humedad que se describe en el apartado 4.7.2, propiedades microbiológicas que se describen en el apartado 4.7.3, propiedades sensoriales que se describen en el apartado 4.7.4, así como también propiedades de rancidez como se describen en el apartado 4.7.5 de esta sección.

4.7 Técnicas analíticas

4.7.1 Propiedades físicas

4.7.1.1 Determinación de sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales se determinaron con un refractómetro digital (Atago, PAL-1) se basa en el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos en el límite de separación de dos medios en los cuales es distinta la velocidad de propagación (NMX-F-103-1982). La determinación se realizó calibrando el equipo con agua destilada, posteriormente se colocó la muestra en el prisma, la cual fue extraída de un filtrado del jugo obtenido por una molienda de relación 1:10

MATERIALES Y MÉTODOS



(muestra:agua) y tomando la lectura del porcentaje de °Brix que apareció en la pantalla.

4.7.1.2 Colorimetría

El color se determinó con un colorímetro (Figura 18) (Konica Minolta, CM 600), analiza y publica un conjunto de coordenadas cartesianas generado directamente por el instrumento, estas coordenadas señalan el color medido en el espacio tridimensional. Sin embargo, sin más manipulación, esta información no proporciona una indicación de tonalidad y croma (McGuire, 1992). La determinación se realizó calibrando el equipo, posteriormente se midió el color en la superficie de la muestra, anotando los valores de L^* , a^* y b^* , realizándose la operación por triplicado.



Figura 18. Medición de color.

Posteriormente se usaron los valores obtenidos para realizar los cálculos de las ecuaciones (Fernández *et al.*, 2004) que se muestran en la tabla 7:

MATERIALES Y MÉTODOS



Tabla 7. Ecuaciones para la prueba de color.

Cálculo	Ecuación
Ángulo HUE (valores menores a 0)	$h = 180 + \arctg\left(\frac{b}{a}\right)$
Ángulo HUE (valores mayores a 0)	$h = \arctg\left(\frac{b}{a}\right)$
Croma	$C = \sqrt{a^2 + b^2}$

4.7.1.3 Textura

La textura se determinó por medio del Texturómetro (Figura 19) (Brookfield, CT3) por medio del TPA, este configura un 'puente' de medida objetiva a la sensación subjetiva y hace que las características de textura de alimentos sean más predecibles (Chen y Opara, 2013). La determinación se realizó seleccionando el modo de prueba de penetración con un cilindro TA-MTP y una distancia de 7mm y una velocidad de 1.5 m/s de penetración, posteriormente se colocó la muestra y se comenzó la penetración, registrando los datos de dureza, fracturabilidad y % de deformación.



Figura 19. Prueba de textura.

MATERIALES Y MÉTODOS



4.7.2 Propiedades químicas

4.7.2.1 Determinación del porcentaje de humedad

El porcentaje de humedad se determinó por medio de la termobalanza (Velab, VE-50-5). La humedad se registró como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar (NMX-F-428-1982). La determinación se realizó pesando 2 g de la muestra en la misma balanza, pasado un tiempo de 10 a 20 minutos, se tomó la lectura registrando el porcentaje total de humedad.

4.7.2.2 Determinación de proteínas

La determinación de proteínas se llevó a cabo por el método de micro Kjeldahl por duplicado basado en la NMX-F-068-S-1980. Este método se basa en la descomposición de los compuestos de nitrógeno orgánico por ebullición con ácido sulfúrico. El hidrógeno y el carbón de la materia orgánica se oxidan para formar agua y bióxido de carbono. El ácido sulfúrico se transforma en SO_2 , el cual reduce el material nitrogenado a sulfato de amonio. El amoniaco se libera después de la adición de hidróxido de sodio y se destila recibiendo en una disolución al 2% de ácido bórico. Se titula el nitrógeno amoniacal con una disolución valorada de ácido, cuya normalidad depende de la cantidad de nitrógeno que contenga la muestra. En este método de Kjeldahl-Gunning se usa el sulfato de cobre como catalizador y el sulfato de sodio para aumentar la temperatura de la mezcla y acelerar la digestión.

Primeramente para la digestión se pesaron 0.384 g de muestra y se añadieron al tubo del equipo de digestión, agregando también una mezcla de 2 g de sulfato de potasio con 0.4 g de óxido de mercurio, para posteriormente adicionar 5 mL de H_2SO_4 y llevarlo a una temperatura de 350°C hasta que la muestra este completamente transparente (Figura 20). Una vez transparente se procede a la

MATERIALES Y MÉTODOS



destilación de la muestra con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo y ácido bórico al 4%, formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico 0.1N registrando los mL gastados cuando el vire sea a color rosado. Presentándose los resultados en porcentaje.



Figura 20. Digestión.

4.7.2.3 Determinación de lípidos

La determinación de lípidos se realizó por el método Soxhlet por triplicado, basado en NMX-F-089-S-1978. Esta técnica se fundamenta en que una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento, éste 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 (Figura 21).

La muestra se pesa (2 g), se envuelve en papel filtro y se deposita en un dedal o cartucho tapándose con un poco de algodón, colocándose dentro del tubo de Soxhlet, en la parte inferior del tubo se coloca un matraz bola previamente llevado a peso constante sobre una parrilla, añadiendo 200 mL de hexano en la parte superior del tubo y colocándose el refrigerante; colocando mangueras en la entrada y salida del refrigerante; hacer circular el agua por el refrigerante y calentar el hexano en la parrilla, efectuando la extracción durante 4 a 6 horas. Una vez pasado el tiempo se suspende el calentamiento, se quita el extractor del matraz y se dejar caer una gota de hexano a un papel filtro, para verificar que

MATERIALES Y MÉTODOS



toda la grasa se extrajo y así colocar el recuperador de hexano hasta que solo quede la grasa en el matraz bola y posteriormente ser llevado a la estufa hasta peso constante. Presentándose los resultados en porcentaje.



Figura 21. Extracción de grasa por Soxhlet.

4.7.2.4 Determinación de fibra dietética

La cantidad de fibra dietética se determinó con el método enzimático gravimétrico por la NOM-086-SSA1-1994, a muestras duplicadas de alimento deshidratado, extraerle la grasa si contiene más del 10%, gelatinizarlos con una alfa-amilasa termoestable, y digerir enzimáticamente con proteasa y amiloglucosidasa para remover la proteína y el almidón. Precipitación de las fibras por adición de cuatro volúmenes de etanol. El residuo total es filtrado, lavado con etanol y acetona. Después del secado, se pesa el residuo. Un duplicado es analizado para proteína y otro es incinerado a 525°C, y se determinan las cenizas.

Consiste en pesar por duplicado 1 g de muestra y se agregaron 50 mL de solución buffer de fosfatos pH 6.0, agitándose. Posteriormente se agregaron 0.1 mL de solución de α -amilasa termoestable y se incubaron a 95°C por 30 minutos. Se dejó enfriar y se ajustó a pH de 7.5 con solución de NaOH. Posteriormente se agregaron 5 mg de proteasa y se incubó a 60°C por 30 minutos, agitándose cada 5 minutos. El pH se ajustó a 4.0-4.6 a 60°C con HCL 0.325N. Una solución de amiloglucosidasa se agregó 0.1 mL y se incubó a 60°C por 30 minutos, agitándose

MATERIALES Y MÉTODOS



cada 5 minutos. Posteriormente se filtró la solución a través de un crisol con capa de celita (llevada a peso constante anteriormente) aplicando vacío, lavándose el residuo 3 veces con 20 mL de etanol al 70%, 2 veces con 10 mL de etanol al 90% y 2 veces con 10 mL de acetona. La muestra es llevada a la estufa hasta llegar a peso constante; en el residuo en duplicado se termina proteína y en el otro cenizas. Presentándose los resultados en porcentaje.

4.7.2.5 Determinación de carbohidratos

La determinación de carbohidratos se evaluó por el método volumétrico de Lane y Eynon descrito en la NMX-F-312-1978. Se basa en la determinación del volumen de una disolución 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. La muestra primero se digiere para precipitar las proteínas, utilizando soluciones de acetato de zinc y ferrocianuro de potasio. En un volumen se determinan los azúcares reductores directos y otro volumen es hidrolizado con ácido clorhídrico para determinar los azúcares reductores totales mediante una valoración volumétrica (Figura 22). Presentándose los resultados en porcentaje.



Figura 22. Determinación de azúcares.

MATERIALES Y MÉTODOS



4.7.2.6 Determinación de cenizas

La determinación de cenizas se llevó a cabo por el método de incineración directa descrita en la NMX-F-066-S-1978. Eliminación por combustión a temperaturas superiores a 500 °C, permaneciendo los residuos inorgánicos de los alimentos.

En un crisol a peso constante se colocaron 2 g de muestra, el crisol con muestra se colocó en un triángulo de porcelana sobre un tripie y con un mechero de bunsen se quemó lentamente el material hasta que ya no desprendió humos. Posteriormente se llevó el crisol a una mufla a 525°C y se efectuó la calcinación completa (Figura 23), se llevó la estufa hasta su peso constante. Presentándose los resultados en porcentaje.



Figura 23. Calcinación de muestras en mufla.

4.7.2.7 Determinación de sodio

La determinación se llevó a cabo por el método de la FDA del Manual de análisis elemental: sección 4.4 Espectrometría de emisión atómica-plasma acoplada inductivamente (ICP); determinación de elementos en alimentos usando una digestión por microondas, que se realizó en el Bufete Químico S.A. de C.V. Presentándose los resultados en mg/kg.

4.7.2.8 Capacidad antioxidante

La determinación se llevó a cabo por el método de ABTS. El ABTS es utilizado para determinar la capacidad de todos los compuestos que confieren capacidad antioxidante que contienen los frutos para captar los radicales libres generados,

MATERIALES Y MÉTODOS



operando así en contra los efectos perjudiciales de los procesos de oxidación, que implican a especies reactivas de oxígeno. Con el ABTS se puede medir la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica. El radical ABTS tiene, además, la ventaja de que su espectro presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico (Kuskoski *et al.*, 2005). Una dilución de 2mL del radical coloreado ABTS se realizó, agregándose 200 mL en buffer PBS, esta última con 1.01M y pH 47.7.

Las soluciones de antioxidante Trolox se prepararon a distintas concentraciones a partir de la solución madre de Trolox 4mM (1 mg/mL). Se tomaron 100 μ L de la solución y 1900 μ L de solución ABTS, agitándose y dejándose reposar por 7 min para su posterior lectura en el espectrofotómetro a un espectro de 734 nm, esto para la construcción de la curva patrón de Trolox, realizándose con cada una de las concentraciones preparadas.

Para cada lectura se realizó un blanco, el cual contenía metanol al 80% y el ABTS (señal no inhibida), después se registró la lectura de la solución de 1900 μ L de ABTS con 100 μ L de la muestra (señal inhibida) sometiéndose al mismo proceso que para la curva. Realizando factores de dilución si se requiere. Los resultados se expresaron en mg de Trolox/ g de muestra.

4.7.3 Pruebas microbiológicas

4.7.3.1 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó con el conteo en placa por medio del método de las diluciones (Figura 24), este método se basa en el conteo microscópico de las colonias desarrolladas en un medio de cultivo rico en elementos nutritivos (NMX-F-088-1964).

MATERIALES Y MÉTODOS

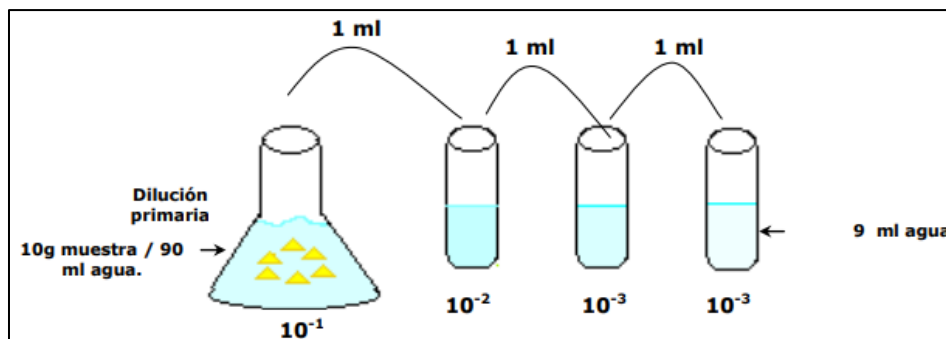


Figura 24. Diluciones decimales adicionales
Fuente: Trejo *et al.*, (2010).

El conteo de bacterias aerobias se llevó a cabo según la NOM-092-SSA1-1994, para coliformes totales según la NOM-113-SSA1-1994 y para mohos y levaduras la NOM-111-SSA1-1994, las condiciones de incubación se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. Condiciones de incubación.

Medio de cultivo	Incubación
Agar nutritivo (Mesófilos aerobios)	35 ± 2°C; 48 ± 2 horas
Agar dextrosa y papa (Mohos y levaduras)	25 ± 1°C; 3 a 5 días
Agar de bilis y rojo violeta (Coliformes totales)	35 ± 2°C; aprox. 24 horas

4.7.4 Propiedades sensoriales

4.7.4.1 Prueba hedónica

La evaluación de los parámetros sensoriales se realizó con una técnica cuantitativa por medio de una prueba hedónica, realizándose a 70 personas. A las personas se les pidió evaluar las muestras codificadas, con un formato (Figura 25) que se fue proporcionado e indicaron cuanto les agradó cada muestra, marcando una de las categorías en la escala de 7 puntos, que fueron desde "me gusta

MATERIALES Y MÉTODOS



muchísimo" hasta "me disgusta muchísimo". Las muestras se presentaron en recipientes idénticos, codificados con números en el mismo orden.

Edad: _____ Sexo: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Frente a usted se presenta una botana de betabel. Por favor pruebe cada una de ellas, yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/categoría, escribiendo el número correspondiente en la línea del código que se muestra.

1 Me disgusta muchísimo, 2 Me disgusta mucho, 3 Me disgusta, 4 Me es indiferente, 5 Me gusta, 6 Me gusta mucho, 7 Me gusta muchísimo

Código	Calificación para cada atributo				
	Olor	Color	Sabor	Textura	General
4357					
1320					
0153					
2840					

Figura 25. Formato para la prueba sensorial.

4.7.5 Propiedades de rancidez

4.7.5.1 Índice de peróxidos

Indica los miliequivalentes de peróxidos por 1000 gramos de muestra, que oxidan al yoduro de potasio bajo las condiciones establecidas basados en la NMX-F-154-SCFI-2010. La determinación se llevó a cabo pesando 2.5 g de muestra dentro de un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se agregó 25 mL de solución de ácido acético glacial y cloroformo 3:2 y 0.25 mL de solución saturada de KI, dejando reposar por 1 min agitando regularmente, terminado el tiempo se agregó 15 mL de agua destilada y 0.5 mL de solución indicadora de almidón, se procedió a titular con una solución de tiosulfato sódico al 1.0N (Figura 26). Presentándose los resultados en mililitros gastados.



Figura 26. Medición de peróxidos.

4.7.5.2 Índice de Kreiss

Indica la rancidez, siendo el grado de descomposición común de las grasas, el cual se debe al ataque del oxígeno a los centros no saturados y esto se observa cuando los comestibles grasientos adquieren con el tiempo sabor y olor más fuertes como se menciona en la NMX-F-222-1975. Se utilizaron tubos de ensaye, donde se pesó 0.5 g de muestra, se agregó 1 mL de ácido tricloroacético al 30% en ácido acético glacial y 0.25 mL de floroglicina al 1%, mezclando en un agitador vortex por unos segundos (Figura 27), posteriormente se llevaron a baño María a 45°C por 15 min, pasado el tiempo se añadió 0.8 mL de alcohol etílico, mezclándose nuevamente en un agitador vortex. Se procedió a medir la absorbancia de la muestra a 545 nm frente a un blanco de reactivos. Presentándose los resultados en nm.

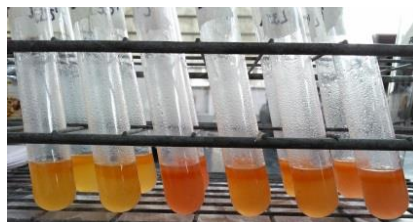


Figura 27. Medición de índice de Kreiss.

4.7.5.3 Ácidos grasos libres

Este método se basa en la titulación de los ácidos grasos libres, con un álcali descrito en la NMX-F-101-SCFI-2012. El procedimiento consistió en pesar 1 g de

MATERIALES Y MÉTODOS



muestra dentro de un matraz Erlenmeyer de 250 mL, se añadieron 25 mL de alcohol etílico previamente neutralizado y caliente, para después titular con NaOH 0.1N utilizando como indicador la fenolftaleína, se agitó después de cada adición de álcali. Presentándose los resultados en mililitros gastados.

4.8 Tratamiento estadístico

El tratamiento de resultados de los objetivos 1 y 2 se llevó a cabo con un análisis de varianza (ANOVA), diseño completamente aleatorio y comparación de medias, mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan), con un nivel de significancia del $p \leq 0.05$ en un paquete estadístico IBM SPSS STATICS versión 25.

En el caso de la evaluación sensorial, para el análisis de los datos, las categorías se convierten en puntajes numéricos del 1 al 7, donde 1 representa “me disgusta muchísimo” y 7 representa “me gusta muchísimo”. Los puntajes numéricos para cada muestra se tabulan y se analizan utilizando análisis de varianza (ANOVA) (Watts, 1992).



5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS Y DISCUSIÓN







5.1 Elaboración de botana de betabel tipo chip y evaluación de secado

5.1.1 Caracterización de botana tipo chip

La elaboración de la botana se llevó a cabo por dos métodos de secados diferentes y un posterior freído, en donde se observa el efecto de cada método de secado sobre el betabel pues se obtuvieron características distintas del producto final como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Acondicionamiento de la botana tipo chip

Proceso	Humedad final (%)	Imágenes de los productos obtenidos	Características
Estufa	2.50		Botana con un color rojo opaco, con una textura crujiente y un sabor muy dulce
Microondas	12.50		Botana con un color rojo intenso y con coloraciones dispersas de amarillo, con una textura gomosa y de sabor dulce
Estufa-freído	-----		Botana con un color rojo dorado, con una textura crujiente y un sabor dulce
Microondas-freído	-----		Botana con una disminución de color rojo, con una textura crujiente y de sabor dulce



5.1.2 Porcentaje de grasa

Una vez realizado el acondicionamiento se realizó la prueba del porcentaje de absorción de aceite en la botana, pues los alimentos fritos se consumen cotidianamente y contribuyen a la ingestión de grasas en la dieta. Uno de los parámetros más importantes de calidad de los productos fritos es la cantidad de grasa absorbida durante el proceso de freído. Algunos de ellos contienen altas cantidades de grasa en algunos casos más del 45% del producto total (Dana y Saguy, 2003). Como se puede observar en la figura 28, el porcentaje de grasa de las botanas obtenidas por los diferentes métodos registraron diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo la muestra de secado por estufa previo al freído la que menor absorción de aceite tuvo con un valor de 27.3%, mientras las secadas por microondas presentaron un valor 25% mayor y el betabel que no fue sometido a ningún pretratamiento 48% más; esto debido a que algunos pre tratamientos han demostrado disminuir la absorción de aceite durante la fritura, como por ejemplo, someter el alimento a secado previo mediante microondas o aire caliente (Moreno y Bouchon, 2008) ya que el freído retira agua del alimento y al encontrarse un bajo porcentaje de humedad en éste, la absorción de aceite es menor.

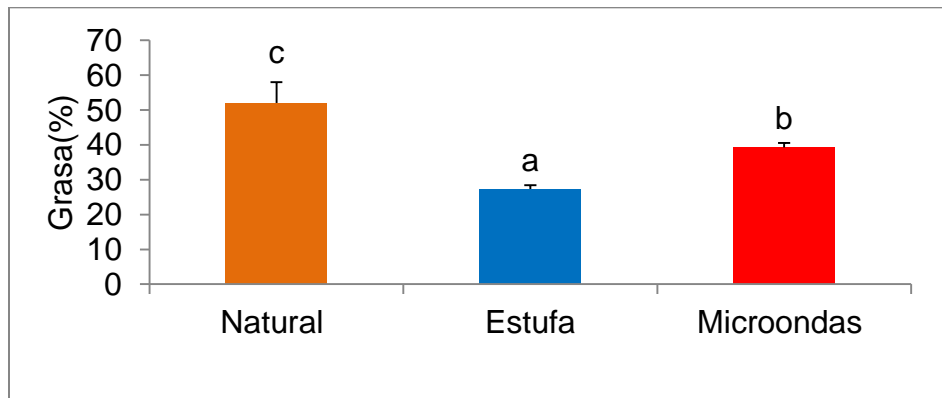


Figura 28. Absorción de grasa con secado previo por estufa y microondas comparado con producto sin pretratamiento. Las líneas verticales sobre las barras indican la desviación estándar del tratamiento. Las letras diferentes en cada barra indican que existe diferencia significativa.



5.1.3 Sensorial

La aceptación de los alimentos por los consumidores, está muy relacionada con la percepción sensorial de los mismos, y es común que existan alimentos altamente nutritivos, pero que no son aceptados por los consumidores. De aquí parte la importancia del proceso de evaluación sensorial en los alimentos, estas técnicas tienen fundamento científico al igual que otros tipos de análisis, al ser respaldadas por la estadística y la psicología, entre otras disciplinas. El estudio sensorial es de suma importancia en la industria de los alimentos, siendo ésta una técnica de medición tan importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos (Olivas *et al.*, 2009).

En este sentido, fue importante evaluar el efecto del método de secado, así como del freído para tener conocimiento sobre la percepción de las características sensoriales de consumidores potenciales sobre la botana de betabel.

Para el atributo de olor (Figura 29) los más aceptados fueron las muestras sometidas al freído, teniendo un valor 21% mayor que las muestras sometidas sólo a los métodos de secado, obteniéndose que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$).

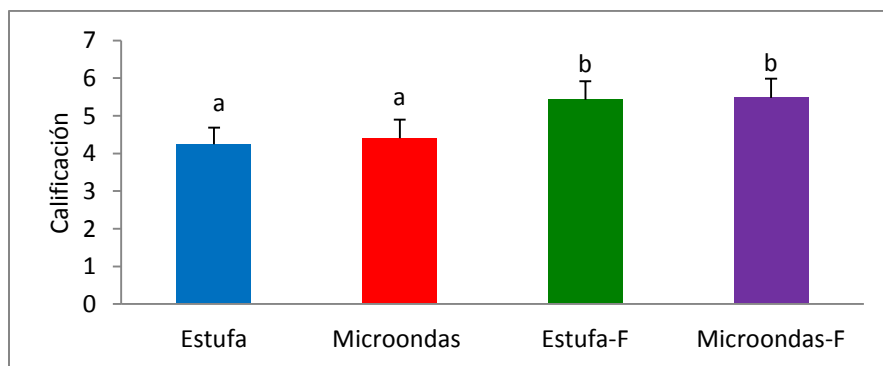


Figura 29. Evaluación del atributo de olor mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Para el atributo de color (Figura 30) las más aceptados fueron ambas muestras de secado por estufa, teniendo un valor 26% menor que las muestras sometidas al método de secado por microondas, obteniéndose que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) del color para todas las muestras.

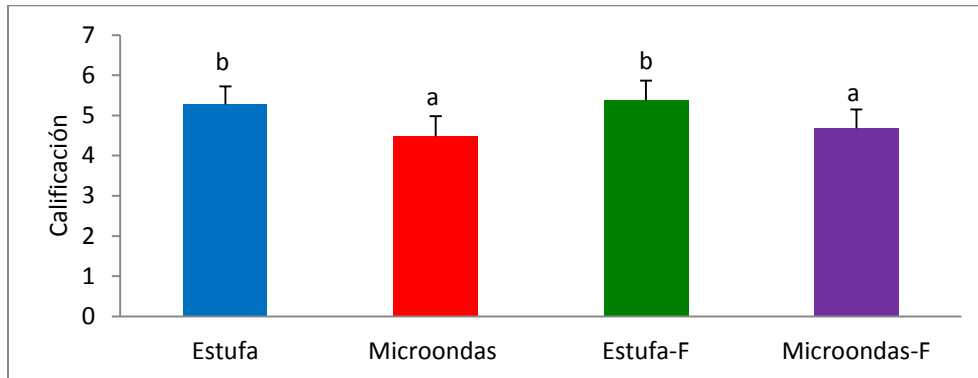


Figura 30. Evaluación del atributo de color mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

Para el atributo de sabor (Figura 31) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo las más aceptados las muestras sometidas al freído, teniendo un valor 12% mayor respecto a las muestras sometidas al método de secado por estufa y un valor 44% mayor en el método de secado por microondas.

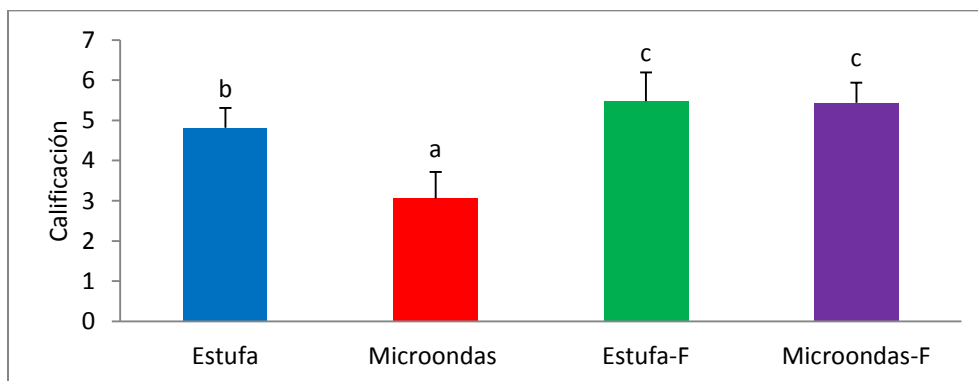


Figura 31. Evaluación del atributo de sabor mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Para el atributo de textura (Figura 32) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo las más aceptados las muestras sometidas al freído, teniendo un valor 27% mayor respecto a las muestras sometidas al método de secado por estufa y un valor 63% mayor en el método de secado por microondas.

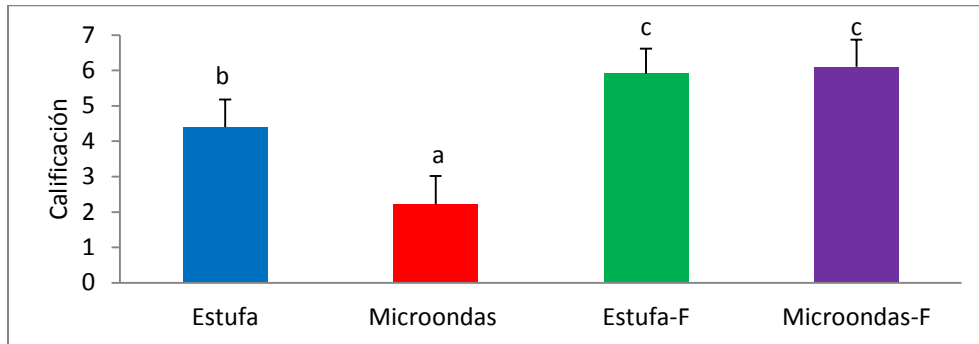


Figura 32. Evaluación del atributo de textura mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

Para la aceptación general (Figura 33) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo las más aceptados nuevamente las muestras sometidas al freído, teniendo un valor 26% mayor respecto a las muestras sometidas al método de secado por estufa y un valor 46% mayor en el método de secado por microondas.

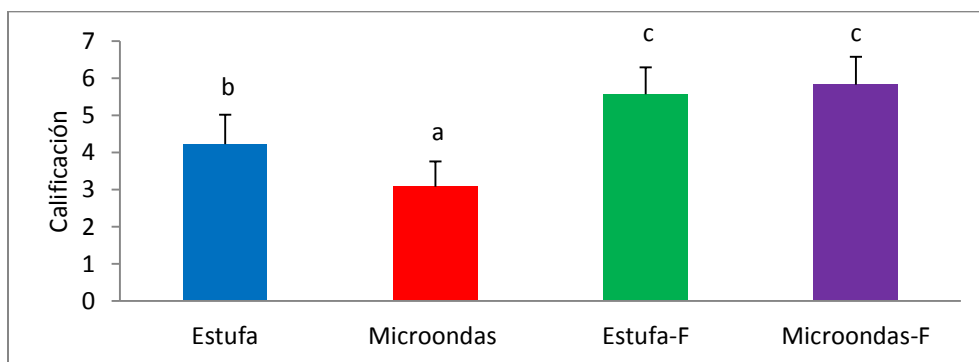


Figura 33. Evaluación del atributo de aceptabilidad mediante prueba sensorial para chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En resumen el método de secado por microondas fue el que más desagradó generó en los panelista por la textura gomosa que presentaron las chips; siendo las muestras fritas las mayormente aceptadas pues las grasas y aceites ofrecen propiedades especiales incluyendo sabor y una sensación característica en la boca que mejora la palatabilidad (Dana y Saguy, 2003). Un estudio realizado en la Universidad de Yale en Estados Unidos encontró cuáles eran las respuestas de los alimentos en el cerebro, y resulta que aquellos que contienen tanto carbohidratos como grasas, activan desmesuradamente el centro de recompensa, lo que hace que se produzca mucha más felicidad al comerlos (Revista Diners, 2018).

5.1.4 Color

El color es la primera sensación que percibimos de los alimentos. Es la inmediatez de la visión la que otorga capital importancia a su apariencia, y quizás por ello se considera que es el primer atributo que determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor. Una apariencia natural siempre se evalúa positivamente mientras que se tomarán precauciones ante un color extraño o inesperado que suele ser interpretado en términos de deterioro o manipulación inadecuada de las frutas y vegetales, carne y pescado (Moreno, 2017).

Así pues en la colorimetría obtenida para el betabel deshidratado y frito, se puede observar que en el parámetro de luminosidad (Figura 34) en donde los valores van de 0=negro a 100=blanco, se obtuvieron valores menores a 23, tendiendo a ser opacos, entre los métodos de secado se puede observar que el método de estufa obtuvo un valor 5% menor que microondas, esto debido a que las microondas proporcionan productos con menos cambio de color y un aspecto más natural (Bermúdez, 2012). Respecto a las muestras sometidas a la fritura presentaron valores más altos debido a que el color dorado es una característica y un atributo muy significativo de un producto frito (Krokida *et al.*, 2000), siendo que

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



el método de estufa y posterior freído obtuvo un valor 6% mayor que la muestra solo sometida al secado por estufa.

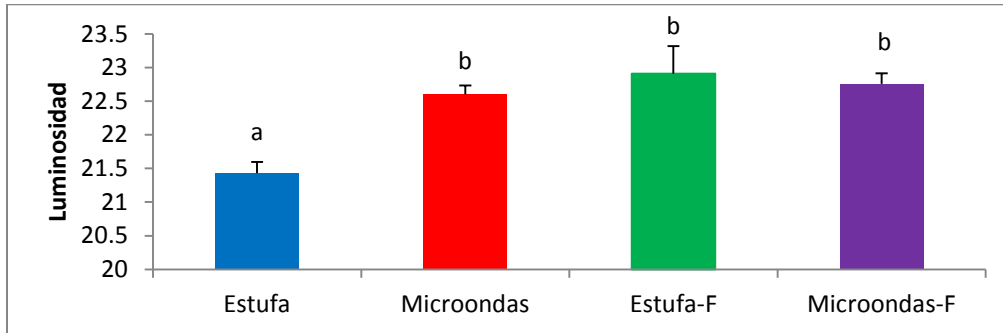


Figura 34. Luminosidad en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

El ángulo HUE nos indica el tono, que es el nombre del color, la cualidad por la cual se distingue una familia de otra de colores cromática; siendo la tendencia de 0 ° a colores verdes a 360 ° colores amarillos o rojos. Como se muestra en la figura 35, las botanas obtuvieron valores mayores a 170° indicando la tendencia a colores rojos opacos. Sin embargo en el método de secado por estufa y un posterior freído se obtuvo un valor 1% mayor que en la aplicación de solo el secado por estufa, ocurriendo un fenómeno contrario en el método de secado por microondas y su posterior freído.

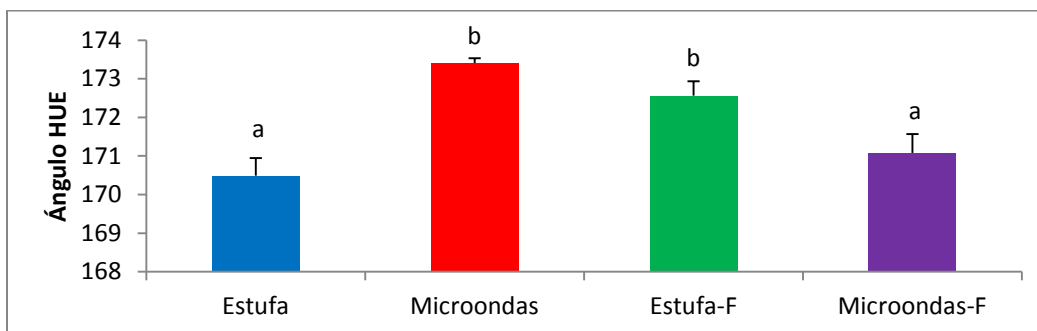


Figura 35. Ángulo HUE en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Croma es la fuerza del color o la intensidad de un tono, como se observa entre los métodos de secado, microondas presento mayor fuerza de color con un valor 29% mayor que secado por estufa (Figura 36).

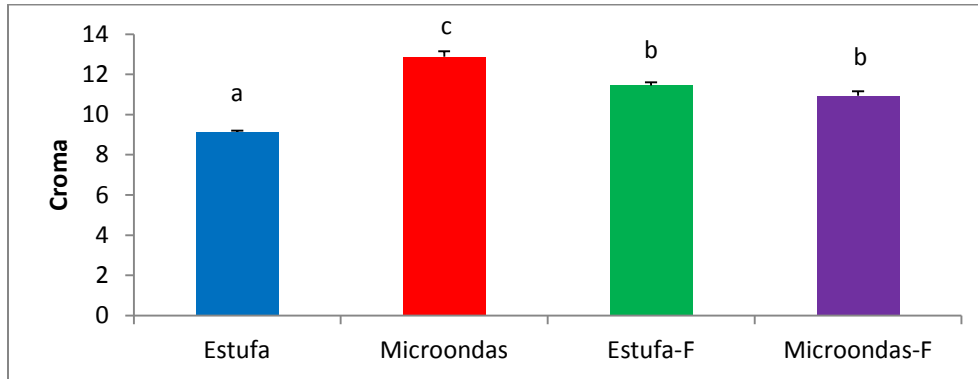


Figura 36. Croma en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

5.1.5 Sólidos solubles totales (SST)

Los grados °brix son el porcentaje de sólidos solubles presentes en alguna sustancia. En frutas y hortalizas, este valor indica la cantidad de azúcar (sacarosa) presente. La cantidad de azúcar es esencial ya sea para consumo en fresco mejorando su sabor como para la elaboración de ciertos productos (Arvensis Agro, 2014).

En el estudio de los sólidos solubles se puede observar en la figura 37 el secado por estufa obtuvo un valor 13% más alto comparado con el secado por microondas, dado que el tiempo de secado fue mayor en estufa y por ende el contenido de azúcares fue aumentando (Figura 37). Esto debido a que en el secado se pierde el contenido de humedad del alimento, sin embargo, los nutrientes restantes en las frutas u hortalizas, se concentran, aumentando su valor energético, contenido de azúcares, minerales, antioxidantes, etc. (Urfalino y Worlock, 2017). Mientras que para ambos procesos de freído que se llevaron a cabo a 180°C el valor disminuyó debido a la caramelización que se puede dar en

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



las frituras, esta reacción ocurre cuando los azúcares se calientan por encima de su punto de fusión (150°C) (Delgadillo, 2018). Obteniéndose en el estadístico de ANOVA que si hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$) en los grados °brix sobre el betabel con la aplicación de los métodos antes mencionados.

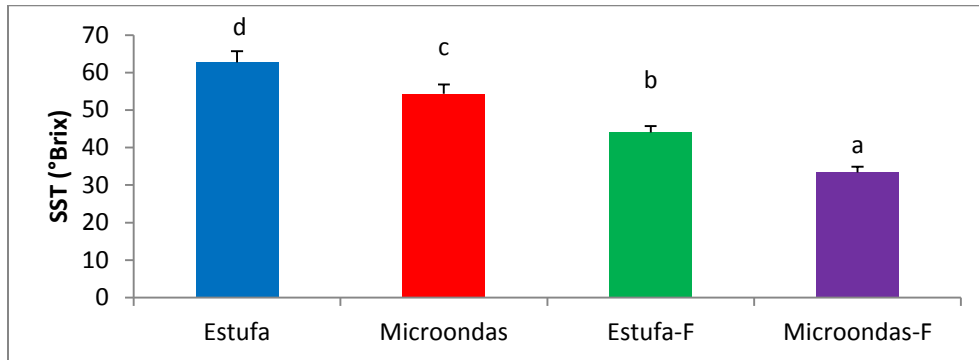


Figura 37. Contenido de sólidos solubles en chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

5.1.6 Textura

El investigador Charles Spence, de la Universidad de Oxford, publicó en 2015 un estudio titulado "Comiendo con nuestros oídos: evaluar la importancia de los sonidos en nuestra percepción y disfrute de experiencias de sabor multisensoriales". Su trabajo descubrió que el sonido es una preferencia inconsciente del consumidor. No le da un gran valor cuando se le pregunta al respecto, pero es uno de los principales factores que determina qué productos consume. En sus propias palabras: "¿Por qué son las patatas fritas tan populares? Desde luego no es por su valor nutricional y, si lo pensamos, tampoco es que tengan un sabor espectacular. El éxito de este producto se basa en la estimulación sonora, el 'crunch' (Hermida-Álvaro, 2018).

La dureza, conocida como "resistencia compresiva", es la fuerza necesaria para obtener una deformación dada (Szczeniak y Kramer, 1973). Como se puede observar en la figura 38 si hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), el método de

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



secado por microondas obtuvo un valor 27% mayor comparado con secado por estufa esto debido a que en el secado por microondas no llegaba a una humedad final tan baja haciendo a la botana de textura gomosa necesitando así mayor fuerza de aplicación, en cuanto a las botanas sometidas al freído se obtuvieron valores menores ya que también ocurre un secado en el alimento, debido que a medida que el alimento es freído, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es parcialmente reemplazada por el aceite de freído (Fillion y Henry, 1998).

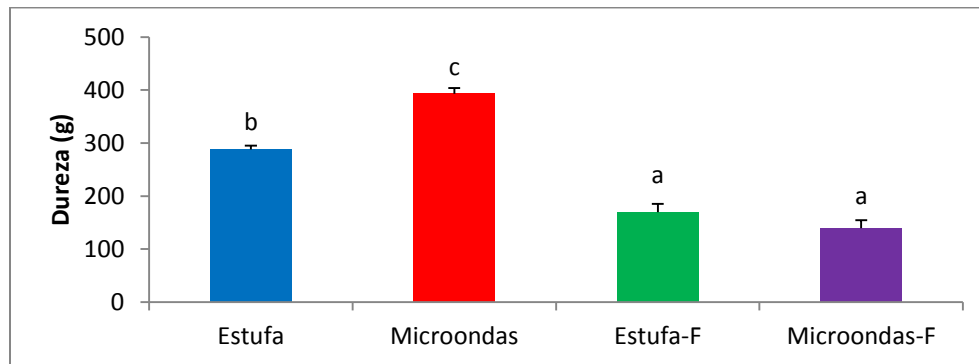


Figura 38. Dureza de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

La fracturabilidad se define como la fuerza con la cual un material se fractura, diferentes materiales pueden fracturarse con la misma fuerza pero a diferentes grados de compresión, de manera que entre menor distancia a la ruptura, el material será más frágil (López, 2014). Como se puede observar en la figura 39 si hubo diferencia significativa ($P \leq 0.05$), el método de secado por estufa obtuvo un valor 94% mayor comparado con secado por microondas, haciendo que la textura gomosa resultado del secado por microondas provocara que el betabel no se fracturara, en cuanto a las botanas sometidas al freído se obtuvieron valores menores debido al proceso de secado provocado en el freído.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

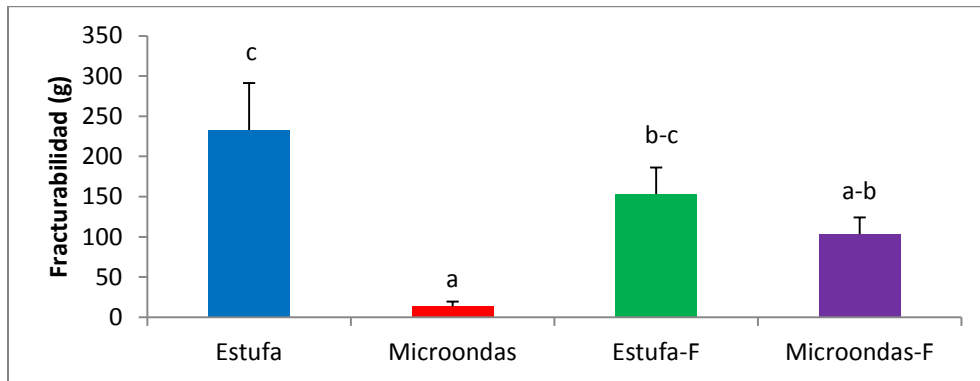


Figura 39. Fracturabilidad de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

El porcentaje de deformación es un índice que indica la rigidez del material (López, 2014). Como se puede observar en la figura 40, el secado por microondas fue el que provocó en el chip de betabel un porcentaje de deformación más alto, siendo 78% mayor respecto al efecto del secado por estufa, igualmente debido a la gomosidad que presentó la botana seca en microondas; pues en estudios realizados por Boubekri con dátiles se encontró una alta correlación entre la textura y el contenido de agua, donde se incrementa la firmeza linealmente con la pérdida de agua (Boubekri *et al.*, 2010).

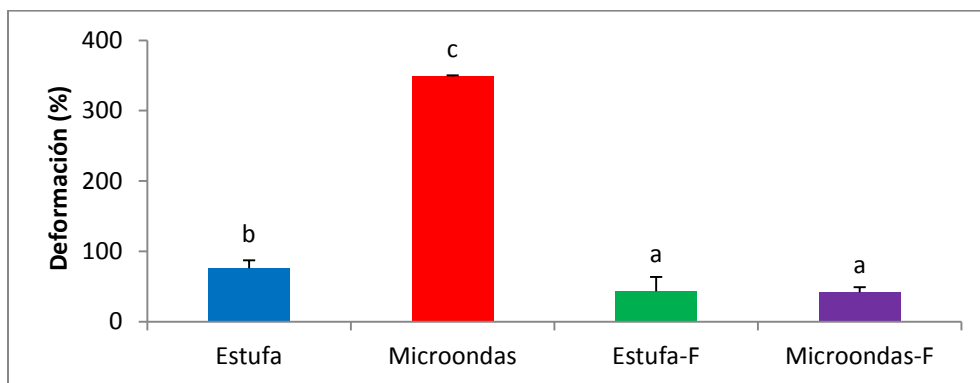


Figura 40. Deformación de chips de betabel con secado por estufa y microondas comparado con producto con posterior tratamiento de freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



5.1.7 Microbiológico

Las enfermedades transmitidas por alimentos constituyen, a nivel mundial, uno de los problemas más generalizados y de mayor repercusión sobre la salud de personas, estas enfermedades son el resultado de una amplia variedad de productos comestibles contaminados por microorganismos patógenos, toxinas o sustancias químicas. La prevención de las enfermedades de transmisión alimentaria depende de la manipulación cuidadosa de los productos crudos y de los productos terminados en la cadena de producción (Bayona, 2009). Por lo que es importante el haber realizado esta prueba para el desarrollo de la botana de betabel.

Como se puede observar en la tabla 10 en los procesos de secado se obtuvieron mayores valores de carga microbiana esto puede ser debido a que la calidad microbiológica de las frutas y verduras secas dependen fundamentalmente de la contaminación inicial, las condiciones de operación, etc. Normalmente, a pesar de la suma de estos factores, no es probable encontrar una considerable carga microbiana en las frutas y verduras secas. Aunque durante el proceso de secado se puede producir una reducción notable de microorganismos viables de diversas especies microbiológicas, existen algunas que son altamente resistentes al proceso de secado y son capaces de sobrevivir, aportando una cantidad importante de microorganismos al producto final (Fuselli *et al.*, 2004).

Tabla 10. Análisis microbiológico

	Estufa	Microondas	Estufa+ Freído	Microondas+ Freído
	UFC/g	UFC/g	UFC/g	UFC/g
Coliformes totales	Negativo	94	Negativo	Negativo
Mesófilos	94	100	Negativo	<25
Mohos y levaduras	Negativo	Negativo	45	<25

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Dado que el betabel es un tubérculo se pueden comparar los datos obtenidos con los valores en la NMX para ajo deshidratado en donde los límites permisibles son 200,00 UFC mesófilos aerobios, 200 UFC/g y 500 UFC/g para hongos y levaduras (NMX-F-250-S-1980) por lo que el betabel a pesar de haber presentado carga microbiana se encuentra dentro de los límites permisibles.

Después del proceso de freído se observó una disminución de la carga microbiana además de provocar cambios organolépticos en el alimento. Por lo tanto el freído tiene un efecto adicional, siendo la preservación del alimento, como resultado de la destrucción de los microorganismos e inactivación de enzimas por efecto del calor y de la reducción de la actividad de agua, sea en la superficie o dentro del alimento, cuando éste se procesa en finas lámina.

5.2 Evaluación de saborizante

Para la aplicación de sabores se optó añadir el sabor queso y adobado picante antes del secado y en otras muestras fueron aplicados después del freído (Tabla 11).

Tabla 11. Condiciones de la botana con saborizante queso y adobado

Proceso	Condiciones	Imágenes de los productos obtenidos	Características
Se añadió el sabor antes del secado	3.60 g por cada 6 rebanadas	 Adobado	La botana presentó un color rojo opaco, con textura crujiente, sabor muy picoso pues el betabel fresco absorbía demasiado el saborizante

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Tabla 11. Condiciones de la botana con saborizante queso y adobado (continuación)

Proceso	Condiciones	Imágenes de los productos obtenidos	Características
Se añadió el sabor antes del secado	3.60 g por cada 6 rebanadas	 <p>Queso</p>	La botana presentó un color rojo dorado, con una textura crujiente y un sabor ligero del saborizante
Se añadió el sabor después del freído	1 g de saborizante por cada 8 g de betabel frito	 <p>Adobado</p>	La botana presentó un color rojo intenso visualizandose los granulos del saborizante, con una textura crujiente y un sabor equilibrado entre lo dulce del betabel y lo adobdo picoso del saborizante
		 <p>Queso</p>	La botana presentó un color rojo visualizandose los granulos del saborizante, con una textura crujiente, un olor intenso a queso y un sabor ligero del saborizante

5.2.1 Sensorial

La adición de saborizantes que aporten características sensoriales es importante para mejorar la palatabilidad de los alimentos con el objetivo de ofertar nuevos productos. Éstos han de responder a las exigencias de los consumidores. Por ello,

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



es primordial conocer su opinión, sus preferencias y conocer las tendencias en cuanto sabor (Quetglas, 2018).

Las evaluaciones sensoriales se realizaron con la aplicación de sabor queso y adobado picante, en donde todas las muestras se llevaron a fritura. Para el atributo de olor (Figura 41) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo los más aceptados el sabor adobado en ambos momentos de aplicación, mientras que el sabor queso aplicado antes del secado es 4% mayor que el aplicado después de freído.

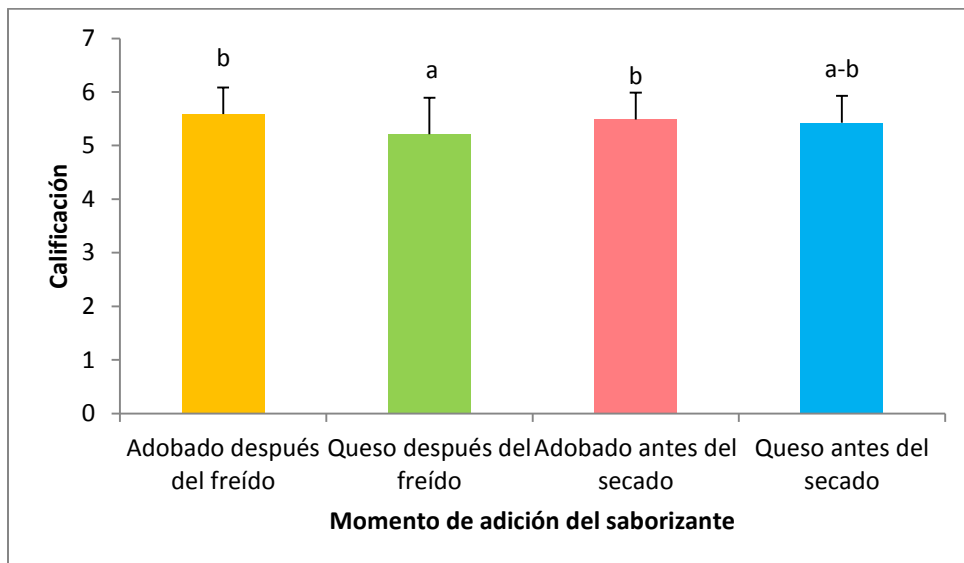


Figura 41. Evaluación del atributo de olor mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

Para el atributo de color (Figura 42) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo que el sabor queso aplicado antes del secado le daba un color más llamativo a la botana para el panelista con un valor 21% mayor que el sabor queso aplicado después del freído, mientras que el sabor adobado se aceptaba de igual manera en ambas formas de aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

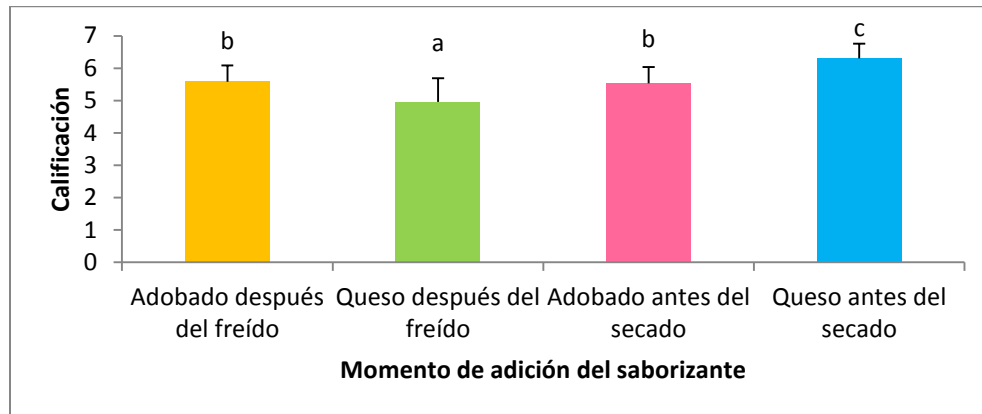


Figura 42. Evaluación del atributo de color mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

Para el atributo de sabor (Figura 43) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo que el sabor adobado aplicado después del freído fue la mejor botana para el panelista con un valor 17% mayor que el sabor queso aplicado después del freído, siendo que en ambos sabores aplicados antes del secado no hubo diferencia significativa.

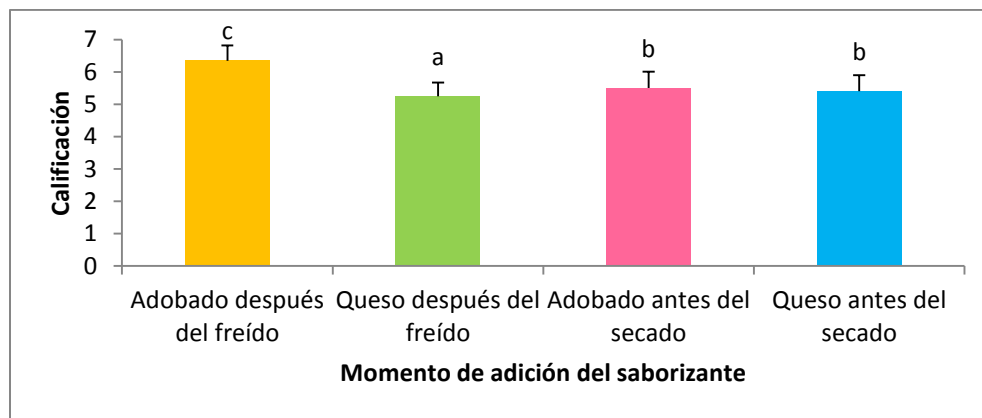


Figura 43. Evaluación del atributo de sabor mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras diferentes en cada barra indican que si existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Para el atributo de textura (Figura 44) se obtuvo que no hay diferencia significativa ($P \geq 0.05$), dado que el freído se llevó siempre a las mismas condiciones, dando la misma textura característica de una botana tipo chip.

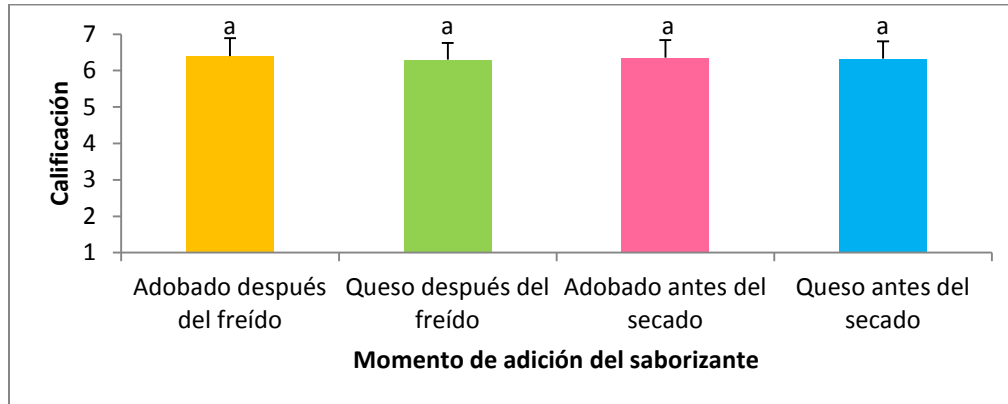


Figura 44. Evaluación del atributo de textura mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

Para la aceptación general de la botana saborizada (figura 45) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$), siendo los más aceptados nuevamente las muestras con sabor adobado aplicado después del freído, teniendo un valor 13% mayor respecto a todas las demás muestras.

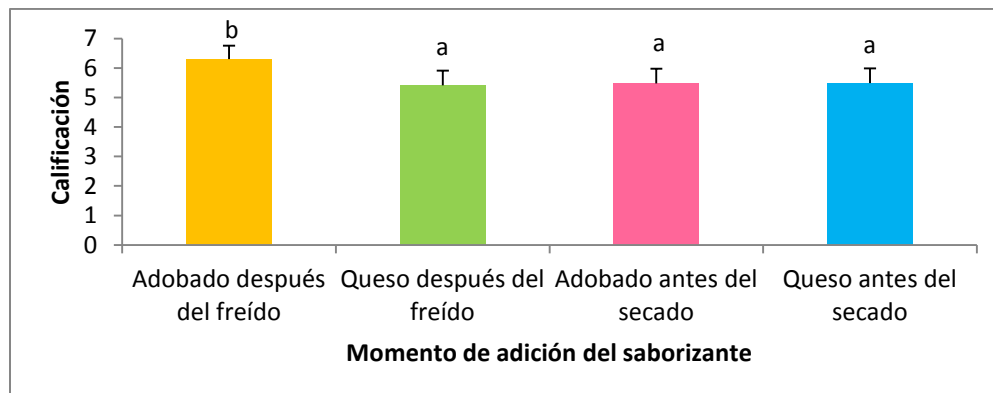


Figura 45. Evaluación del atributo de aceptabilidad mediante prueba sensorial para chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En resumen el sabor con mayor aceptación fue el adobado picante aplicado después del freído, después ambos sabores aplicados antes del secado y por último el sabor queso aplicado después del freído. En un artículo publicado en The Wall Street Journal el doctor Rozin llegó a la conclusión de que, si nos atrae tanto la comida picante, es porque pone en funcionamiento al mismo tiempo los sistemas de dolor y placer, algo que también ocurre al practicar otras actividades de ocio como saltar en paracaídas, montarse en una montaña rusa o ver películas de terror: son formas más o menos seguras de entrelazar nuestros miedos y placeres sin ponernos en riesgo (Barnés, 2015).

5.2.2 Color

La tonalidad de un producto determinará el grado de aceptación por el consumidor. El color afecta los umbrales del sabor pues estudios indican que las concentraciones del umbral en las que se perciben los sabores básicos como salado, agrio, amargo y dulce dependen del color (Industria alimenticia, 2004).

La colorimetría se realizó para el betabel frito con la aplicación del sabor queso y adobado picante.

Para luminosidad (Figura 46) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre todas las muestras, en este caso el de mayor luminosidad fue el de queso aplicado después del freído debido que este saborizante era de tonalidades anaranjadas dándole un valor 31 y 36% mayor con las dos muestras de adobado y queso aplicado antes y respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

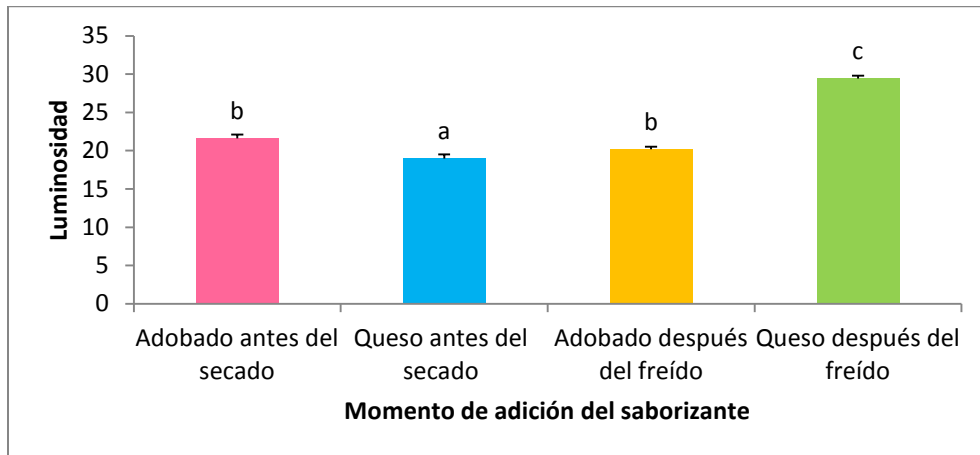


Figura 46. Luminosidad de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

Para los valores de croma (Figura 47) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre todas las muestras, siendo la muestra con la aplicación de queso antes del secado, la de valores 11% y 20% más altos en la fuerza de color que el queso aplicado después del freído y adobado después del freído respectivamente, esto porque el anaranjado del saborizante le da más color que el rojo del adobado pues el betabel por si solo es color rojo-purpura intenso.

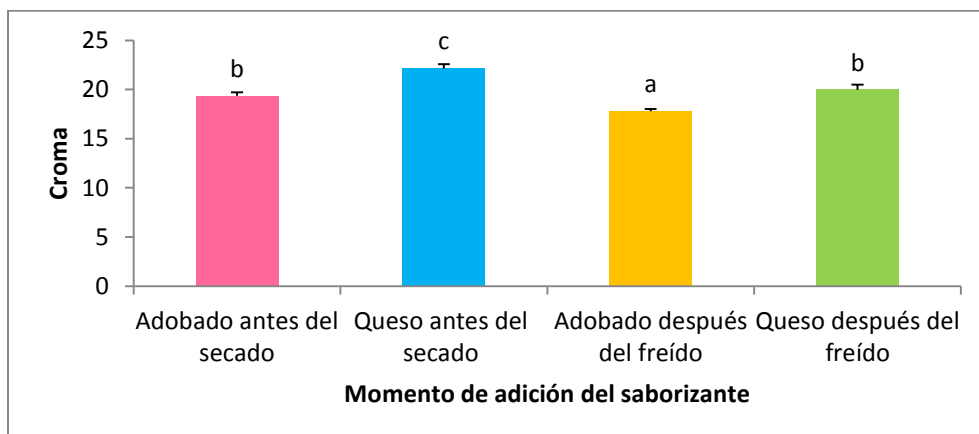


Figura 47. Croma de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Así como para los valores de ángulo HUE (Figura 48) se obtuvo que si hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre todas las muestras, en donde nuevamente las muestra con aplicación de queso después es la que mayor cambio de tono presento con un valor 52% y 77% mayor en comparación del sabor adobado aplicado de ambas formas y queso aplicado antes del secado respectivamente.

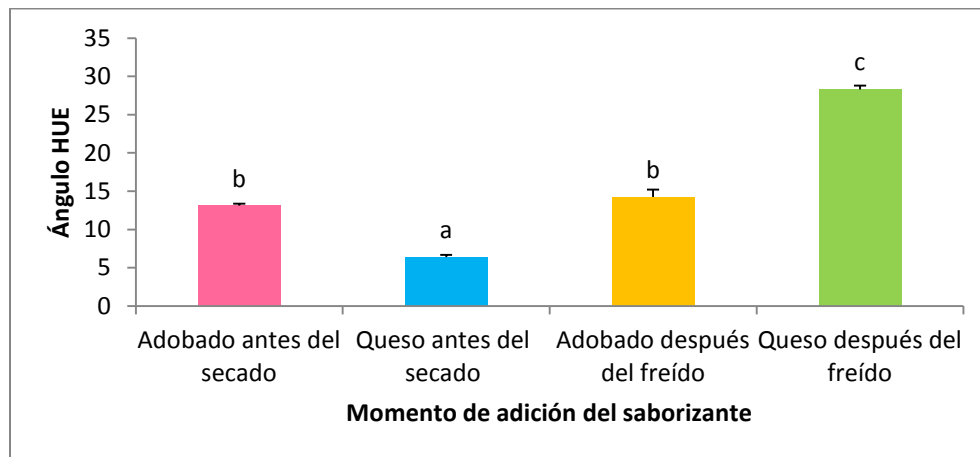


Figura 48. Ángulo HUE de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído. Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

5.2.3 Sólidos solubles totales (SST)

En cuanto a los °brix también hay diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre las botanas con la aplicación de sabor queso y adobado se puede observar en la figura 49 que en el sabor queso no importa si se aplica antes del secado o después del freído se mantiene con los mismos valores, mientras que el sabor adobado antes del secado logró ser 32% mayor a su aplicación después del freído y en general estuvo por arriba del sabor queso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

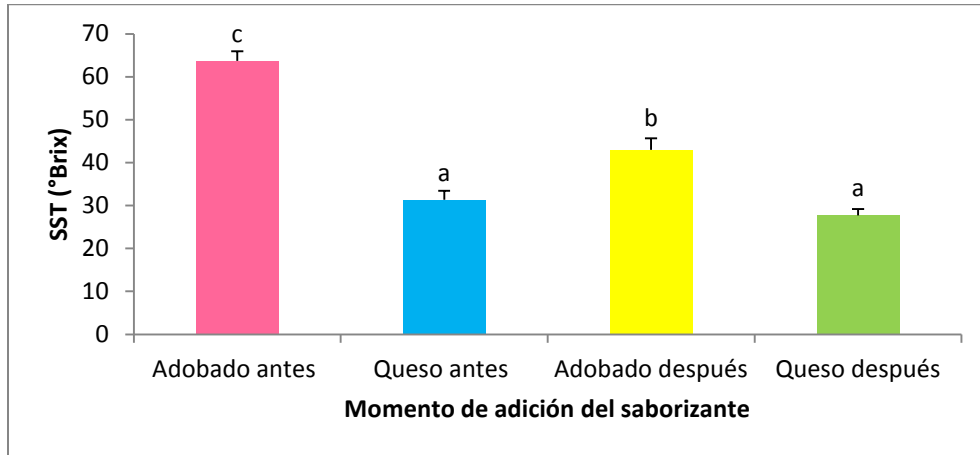


Figura 49. Contenido de sólidos solubles de chips de betabel con aplicación de saborizante antes del secado comparado con producto con aplicación de saborizante después del freído.

Las letras iguales en cada barra indican que no existe diferencia significativa.

5.3 Composición química

El tipo de botana de betabel se seleccionó de acuerdo a la evaluación de las propiedades físicas (color y textura), propiedades químicas (humedad), propiedades microbiológicas (coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras), propiedades sensoriales (color, olor, sabor, textura, aceptabilidad general), pero mayormente por el efecto que causó el método de secado en la menor absorción de grasa así; como el grado de preferencia de los panelistas. Igualmente el saborizante añadido se seleccionó por medio de la evaluación sensorial. Siendo de esta manera seleccionada la botana sometida al secado por estufa, posteriormente frita y condimentada con adobado picante a la que se le realizaron los análisis químicos, así como la capacidad antioxidante para la elaboración de la etiqueta; con el fin de dar a conocer el aporte nutricional de la botana.

La elaboración de la etiqueta se basó en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010; así como el apartado 8 del PROY-NOM-216-SSA1-2002, como se muestra en la figura 50 el diseño de la etiqueta que cumple con lo establecido en base a las normas antes mencionadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 50. Etiqueta de la botana de betabel adobado.

Se cumplió con las especificaciones que se requieren en la etiqueta de un producto alimenticio, orientado a una botana, como se muestran en la tabla 12 y 13.

Tabla 12. Información general para la etiqueta de la botana.

Características	Especificaciones
Denominación del producto	Botana tipo chip
Contenido neto	40 g
Denominación o razón social	Delichips C&M
Domicilio fiscal	Centro de Asimilación y Tecnología. Av. Dr. Jorge Jiménez Cantú, INFONAVIT Nte. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.
Ingredientes	Betabel, aceite vegetal, condimento adobado en polvo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Tabla13. Información nutrimental reportada en la etiqueta de la botana.

Información nutrimental	
Tamaño de porción	40 g
Porciones por paquete	1
Contenido energético	189 kcal
Proteínas	1.78 g
Carbohidratos	21.16 g
Del cual: Azúcares	5.62 g
Grasa (lípidos)	10.92 g
Del cual: Grasa saturada	1.19 g
Fibra dietética	1.10 g
Sodio	260 mg

Así mismo, también se muestra el etiquetado frontal nutrimental (Figura 51) obligatorio con base en el porcentaje de los nutrimentos diarios para la población mexicana del Consejo Mexicano de la Industria de Productos de consumo, estando todos los valores dentro de lo permitido.



Figura 51. Etiquetado frontal

A continuación, se comparan botanas hortícolas con la botana de betabel como se muestra en la tabla 14. El contenido energético o contenido calórico de un alimento es proporcional a la cantidad de energía que puede proporcionar al quemarse en presencia de oxígeno (UNED, 2019); ya que la energía que se necesita para poder llevar a cabo diferentes funciones es suministrada por los alimentos y se obtiene de la oxidación de hidratos de carbono, grasas y proteínas. Así pues la botana de betabel fue de menor contenido energético, ya que la grasa (lípidos) son la fuente energética más importante, pues cada gramo genera 9 kcal

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



(38.2 kJ) porque en su estructura contienen más átomos de carbono que las proteínas y los hidratos de carbono que producen 4 kcal/g (17 kJ/g) cada uno (Badui, 2006).

La grasa (lípidos) ayuda al cuerpo a absorber las vitaminas; también es importante para tener un crecimiento adecuado y para mantenerse sano. No sería saludable llevar una alimentación sin ningún tipo de grasa; sin embargo, es importante consumir grasa con moderación (CDC, 2018). La botana de betabel fue la que menor contenido de grasa presentó comprobando que la aplicación del pre tratamiento al proceso de freído permitió obtener un producto con menores contenidos de grasa. Las grasas saturadas son muy similares en todas las botanas, ya que todas fueron sometidas a un freído provocando la presencia de estas grasas, sin embargo todas se encuentran en valores debajo del 16% de la grasa total.

Tabla 14. Comparación de botanas hortícolas en 100 g.

Componente	Chips de betabel “Delichips”	Chips de camote* “Crujisanas”	Chips de jicama* “Verdusanas”
Contenido energético (kcal)	472	570	520
Grasas (Lípidos) (g)	27.3	39.23	32
Grasa saturada (g)	4	3.53	5
Proteínas (g)	4.47	3.63	8
Carbohidratos (g)	52.92	73.7	52
Azúcares (g)	14.06	11.8	17
Fibra dietética (g)	2.77	7.1	5
Sodio (mg)	650	533	645

*Composición reportada en la etiqueta de los productos comerciales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Referente a los valores de proteínas todos los tubérculos cuando son frescos presentan valores bajos entre 1-2 % (FAO, 1991), que se caracteriza por ser proteínas de almacenamiento, sin embargo en botana frita se incrementa, esto debido a que en el secado que ocurre en el freído, aumenta el contenido de proteínas por la remoción del contenido de humedad de un alimento (Sagñay, 2009).

El principal nutriente que aportan los tubérculos son los carbohidratos (FAO, 1991), por lo que es de esperarse que las botanas contengan más del 50% de su composición de este macronutriente, siendo que la que presentó mayor contenido fue la botana de camote, ya que desde que este tubérculo está sin procesar presenta el mayor contenido de carbohidratos respecto a los otros dos debido a la gran cantidad de almidón que posee; en cuanto a los azúcares el que registró el valor más alto fue la botana de jícama ya que esta almacena los carbohidratos en forma de inulina (polímero de fructosa), dejando por debajo los valores de sacarosa entre otros azúcares que contiene el betabel y el camote (Arrobo-Reyes, 2013).

La fibra dietética incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a cada tubérculo, pudiendo incluir otros hidratos de carbono absorbibles como el almidón resistente, la inulina, diversos oligosacáridos y disacáridos como la lactulosa; esta promueve efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante, y/o atenúa los niveles de colesterol y glucosa en sangre por lo que es importante la ingesta de este compuesto (Escudero y González, 2006). Las chips de camote fueron las que presentaron el valor más alto de fibra por su contenido de hidratos de carbono complejos (Castro, 2018), seguido de la jícama nuevamente por su contenido de inulina y por último el betabel que a pesar de contener también hidratos de carbono complejos no son tantos como en el camote.

El sodio es un mineral y uno de los elementos químicos que componen la sal, el cuerpo necesita una pequeña cantidad de sodio para funcionar de manera

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



adecuada (FDA, 2018); y las botanas al estar saborizadas proporcionan cierta cantidad de este elemento, siendo que la de betabel presento el mayor valor, esto se debe a que el betabel fresco ya contiene 84 mg de sodio (Moreiras *et al.*, 2013) y añadiendo el saborizante (adobo) aumentó el valor de este, sin embargo esta dentro de los 2000 mg de sodio diario.

A cerca de la capacidad antioxidante, los compuestos fenólicos son un gran grupo de antioxidantes naturales; consumo de fuentes importantes, particularmente de frutas, vegetales y cereales presentan efectos benéficos (Naczk y Shahidi, 2006). La asociación entre una dieta rica en frutas y vegetales está relacionada a una disminución de riesgo de enfermedades cardiovasculares, y ciertas formas de cáncer ya que estos componentes antioxidantes son capaces de neutralizar radicales libres según evidencias epidemiológicas (Arts y Hollman, 2005).

La determinación de la capacidad antioxidante, se realizó al betabel fresco y a la botana, como se puede observar en la tabla 15 el valor del betabel sin procesamiento es 67% menor al obtenido por la botana de betabel; coincidiendo con diferentes autores que han señalado que la aplicación de un tratamiento térmico a los alimentos puede verse beneficiado por un incremento en la actividad antioxidante, Dewanto *et al.*, (2002) aseguraron que existe un aumento de la actividad antioxidante en el tomate tras ser sometido a distintos tratamientos térmicos en comparación al contenido en el fruto fresco, Alfaro *et al.*, (2016) y Joshi *et al.*, (2011) reportaron un aumento de la capacidad antioxidante en murta (o murtilla) y rodajas de manzanas después de los tratamientos de secado como el convectivo y a vacío.



Tabla 15. Capacidad antioxidante

Capacidad antioxidante (μ moles equivalentes a trolox/ g fruto fresco)	
Betabel sin procesamiento	12.40 \pm 0.48
Botana de betabel	38.37 \pm 0.27

5.4 Vida de anaquel

La vida de anaquel se entiende como la durabilidad; concebida ésta como el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, y mantiene sus características sensoriales y funcionales (Cantillo *et al.*, 1994).

Los estudios de vida en anaquel acelerada o “Accelerated Shelf Life Testing (ASLT)” pueden ser utilizados para estimar con aceptable exactitud la vida en anaquel de un producto que de otra forma tomaría un tiempo largo determinar (Steele *et al.*, 2006). El objetivo es almacenar la combinación producto-empaque bajo condiciones extremas 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 (Labuza, 1982). Es esencial identificar y medir los atributos críticos del alimento en relación a su sabor, textura, color y otras características sensoriales, así como las variables que producen el deterioro de éstos atributos como la rancidez, decoloración o mal olor y bajo qué circunstancias (tiempo-temperatura). Esto nos ayuda a determinar su perfil de calidad, y en base a éste, medir su deterioro durante su vida de anaquel, hasta el punto que éste no sea aceptable por el consumidor (Synergy-Biotech, 2014).

Las propiedades medidas en las chips de betabel durante los 35 días fueron las propiedades físicas como color, textura, y peso, además de las propiedades

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



químicas como la humedad, así como propiedades microbiológicas y propiedades sensoriales. También se evaluaron algunas propiedades relacionadas con la rancidez de las grasas como: el índice de peróxidos, ácidos grasos libres e índice de Kreis. De estas propiedades se evaluó el coeficiente de correlación más cercano a 1 obtenido de las regresiones lineales de los datos crudos, como se muestran en la tabla 16, en donde el índice de peróxidos obtuvo los valores de coeficiente de correlación más cercanos a 1 en las tres temperaturas, así como en ambos tipos de envase (celofán y metalizado), siendo el índice de peróxidos utilizado para la determinación de la vida útil de las chips de betabel.

Tabla 16. Coeficientes de correlación (R^2) de las propiedades evaluadas en chips de betabel a diferentes temperaturas

Propiedad evaluada	Tipo de envase	Coeficiente de correlación (r^2)		
		25°C	35°C	45°C
Humedad	Celofán	0.5143	0.7167	0.2947
	Metalizado	0.4995	0.2560	0.3564
Peso	Celofán	0.5400	0.9971	0.2739
	Metalizado	0.1931	0.9878	0.2487
Luminosidad	Celofán	0.2896	0.1586	0.5952
	Metalizado	0.7250	0.7500	0.8525
Angulo HUE	Celofán	0.3637	0.4939	0.3637
	Metalizado	0.3946	0.4828	0.4432
Croma	Celofán	0.3560	0.3263	0.4877
	Metalizado	0.3825	0.3671	0.3226
Dureza	Celofán	0.2043	0.4396	0.1825
	Metalizado	0.6052	0.0759	0.0375
Fracturabilidad	Celofán	0.7245	0.5732	0.0055
	Metalizado	0.0005	0.9741	0.2167

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Tabla16. Coeficientes de correlación (R^2) de las propiedades evaluadas en chips de betabel a diferentes temperaturas (continuación)

Propiedad evaluada	Tipo de envase	Coeficiente de correlación (r^2)		
		25°C	35°C	45°C
% Deformación	Celofán	0.5893	0.4458	0.2795
	Metalizado	0.9051	0.0092	0.4051
Índice de acidez	Celofán	0.8305	0.9377	0.4973
	Metalizado	0.9681	0.9063	0.9681
Índice de peróxidos	Celofán	0.9260	0.9387	0.9170
	Metalizado	0.9272	0.9191	0.9432
Índice de Kreis	Celofán	0.0417	0.0654	0.0941
	Metalizado	0.2241	0.1891	0.1442
Color	Celofán	0.4818	0.0021	0.4262
	Metalizado	0.1820	0.3556	0.7719
Olor	Celofán	0.1157	0.8521	0.5116
	Metalizado	0.4056	0.5475	0.5271
Sabor	Celofán	0.0171	0.3465	0.4280
	Metalizado	0.2965	0.8287	0.4655
Textura	Celofán	0.3067	0.2516	0.3495
	Metalizado	0.0942	0.1120	0.2207
Aceptabilidad general	Celofán	0.1853	0.3918	0.6179
	Metalizado	0.0263	0.1020	0.6017

Así pues el comportamiento del deterioro de las demás propiedades evaluadas de la botana de betabel, mostrando que ésta no sufrió alguna alteración que nos diera una pendiente de degradación para estimar el tiempo de vida útil.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Entonces utilizando el índice el índice de peróxidos se obtuvieron los resultados de la cinética de su degradación respecto al tiempo para cada temperatura, como se muestran en las figuras 52 para el envase de celofán y en la figura 53 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 ambas figuras se puede observar que el índice de peróxidos fue incrementando conforme avanzaban los días de almacenamiento así mismo aumentaban conforme aumentó la temperatura, debido al deterioro oxidativo que sufren las grasas. La oxidación de las grasas da lugar a la formación de peróxidos, 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 (Rivera *et al.*, 2014). Por lo que el valor máximo del índice de peróxidos llegando al día 35 a la temperatura de 45° con respecto al envase de celofán se obtuvo un valor de 62 meq O₂/ kg muestra, superando los 40 meq O₂/kg aceite reportados en aceites en los que se detectaron características indeseables (olor y sabor rancio) después de 180 días de almacenamiento (Paz *et al.*, 2001); mientras que en el envase metalizado se obtuvo un valor de 38 meq O₂/ kg muestra encontrándose por debajo de los 40 meq O₂/kg aceite.

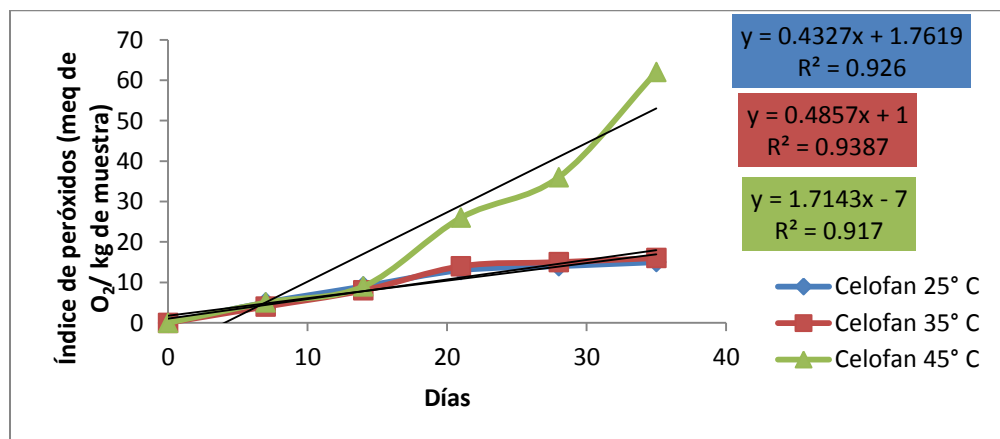


Figura 52. Índice de peróxidos de chips de betabel de orden cero en función de la temperatura para envase de celofán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

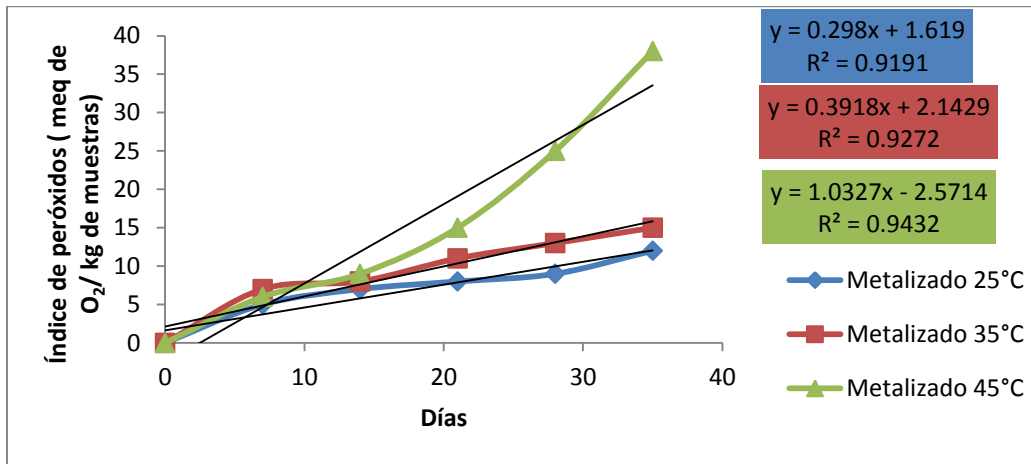


Figura 53. Índice de peróxidos de chips de betabel de orden cero en función de la temperatura para envase metalizado.

Así, mismo en el 2008, la Revista del consumidor publicó un estudio realizado por la PROFECO en donde evaluaron 26 papas fritas envasadas y 4 productos de harina de papa y consideraron como de baja tendencia a la rancidez los productos 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. Siendo que las chips de betabel con respecto a la temperatura de 25°C envasadas en celofán al día catorce reportó alta rancidez con 9 meq O₂/ kg muestra mientras que en el envase metalizado se obtuvieron los 9 meq O₂/ kg muestra hasta el día 28, demostrando la importancia del tipo de envase que se utiliza para los snacks fritos pues pueden prolongar o acortar el tipo de vida útil. Después las regresiones lineales obtenidas de las figuras 52 y 53 se muestran en la tabla 17, en donde a las tres constantes por tipo de envase obtenidas y representadas por los valores de la pendiente en las ecuaciones para las tres temperaturas estudiadas se aplicó el modelo de Arrhenius, construyéndose el gráfico del ln k en función de 1/T como se en la figura 54 para el envase de celofán y figura 55 para el envase metalizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Tabla 17. Regresiones lineales obtenidas del índice de peróxidos para diferentes temperaturas

Temperatura	Regresiones lineales	
	Celofán	Metalizado
25°C	$IP = 0.4327 \cdot t + 1.7619$	$IP = 0.2980 \cdot t + 1.6190$
35°C	$IP = 0.4857 \cdot t + 1$	$IP = 0.3918 \cdot t + 2.1429$
45°C	$IP = 1.7143 \cdot t - 7$	$IP = 1.0327 \cdot t - 2.5714$

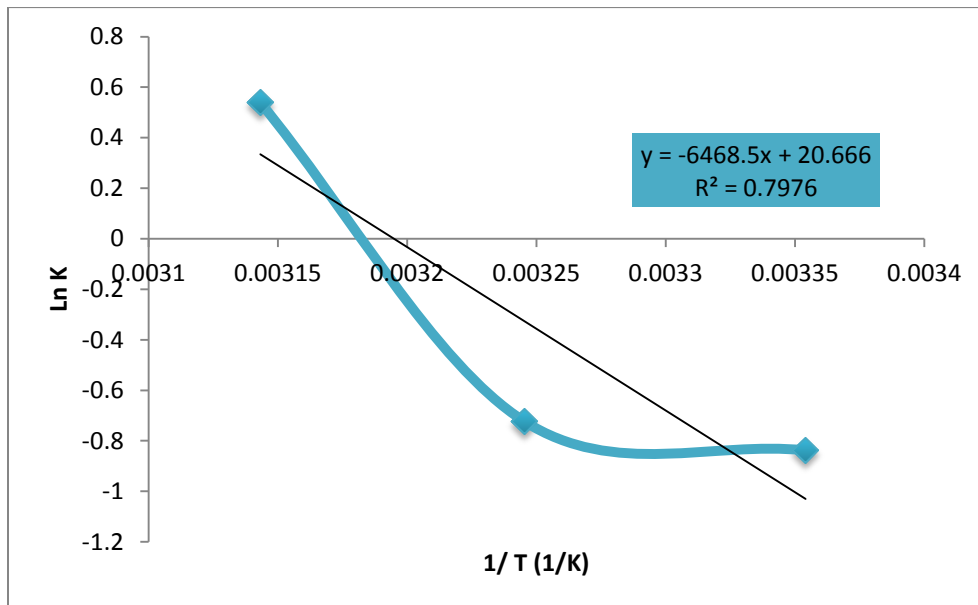


Figura 54. Comportamiento logarítmico del deterioro del índice de peróxidos en chips de betabel envasado en celofán.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

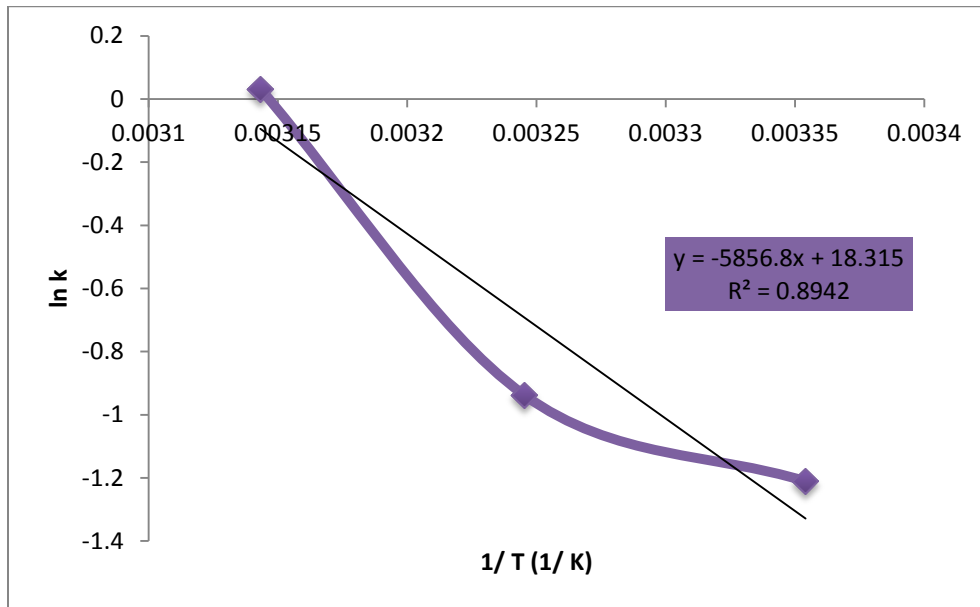


Figura 55. Comportamiento logarítmico del deterioro del índice de peróxidos en chips de betabel envasado metalizado.

Posteriormente de las regresiones lineales obtenidas de las figuras 54 y 55 se obtuvo la ecuación $\ln k$ como se muestra en la tabla 18, utilizándose para el cálculo de la energía de activación (E_a).

Tabla 18. Ecuación para el cálculo de la energía de activación en chips de betabel en para diferentes temperaturas

Celofán	Metalizado
$\ln k = 20.666 - 6468.5 \cdot \frac{1}{T}$	$\ln k = 18.315 - 5856.8 \cdot \frac{1}{T}$

La energía de activación se define como la energía que durante la colisión deben adquirir las moléculas reaccionantes para formar productos; esto quiere decir que se necesita una energía mínima imprescindible, la cual es necesaria para que se inicie la reacción (Viades, 2012). Siendo que el valor de energía de activación (E_a) que se obtuvo para el envase de celofán fue de 53781.69 J/mol, mientras que para el envase metalizado fue de 48695.77 J/mol, encontrándose dentro de lo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



reportado por Torres *et al.*, (2001) que 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.

Por último, se estimaron los valores puntuales de vida útil en donde se graficó el logaritmo de la vida útil a las diferentes temperaturas. La pseudo-transformación resultante se puede observar en la figura 56 para el envase de celofán y figura 57 para el envase metalizado.

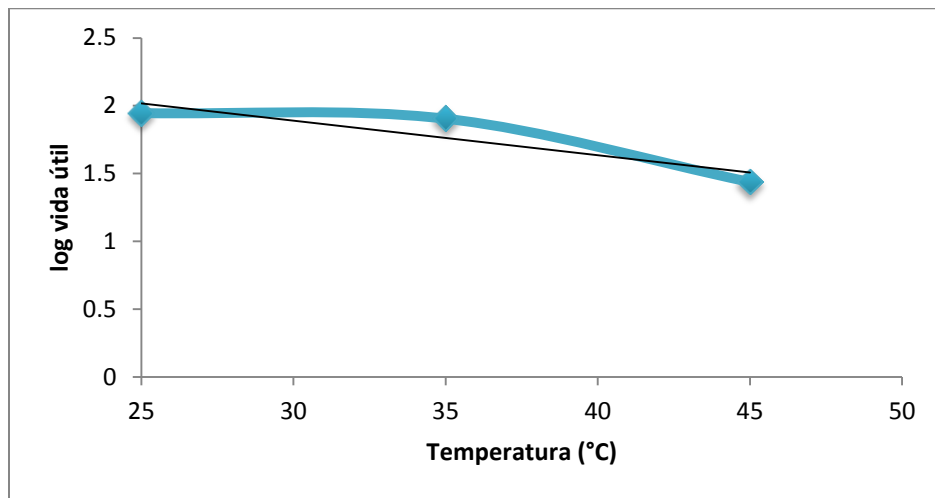


Figura 56. Log de vida útil de chips de betabel en función de las temperaturas en envase de celofán

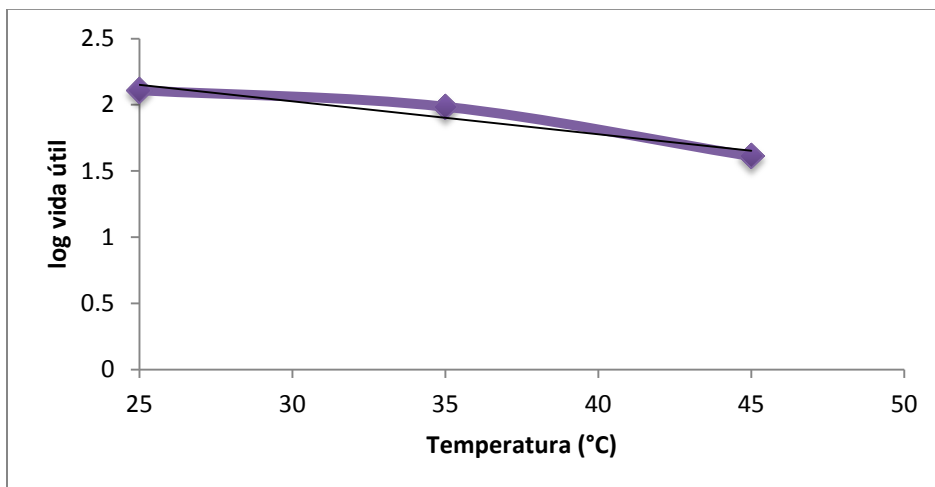


Figura 57. Log de vida útil de chips de betabel en función de las temperaturas en envase metalizado

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



De la Figura 56 y 57 se obtienen mediante regresión lineal las ecuaciones que se muestra en la tabla 19 con la que puede estimarse la vida útil de las chips de betabel para diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 19. Ecuación de la vida útil de chips de betabel en dos tipos de envase

Celofán	Metalizado
Log vida útil = $2.6525 - 0.0254 \cdot T$	Log vida útil = $2.7736 - 0.0249 \cdot T$
Despejando la ecuación anterior se obtiene:	
Vida útil = $10^{(2.6525 - 0.0254 \cdot T)}$	Vida útil = $10^{(2.7736 - 0.0249 \cdot T)}$

A continuación se muestran los valores del tiempo de vida útil según la temperatura de almacenamiento de las chips de betabel como se muestra en la tabla 20, donde se observa que conforme la temperatura de almacenamiento se incrementa el tiempo de vida útil de las chips de betabel disminuye, asimismo se observa que el empaque metalizado prolonga la vida útil de las chips debido a que los envases metálicos son excelentes para proteger al contenido contra la luz, la entrada de oxígeno o cualquier otro contaminante, evitando así el crecimiento de microorganismos en su interior e igualmente siendo más lenta la degradación de las grasas (Canafem, 2010).

Tabla 20. Valores de vida útil

Temperatura (°C)	Vida útil (días)	
	Celofán	Laminado
25	88	129
35	80	97
45	27	40

Por último, se muestran los valores obtenidos de Q_{10} . 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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



veces que se modifica la velocidad de una reacción de deterioro cuando la temperatura es variada en 10°C (Toroky y King, 1991.). Los investigadores establecen que el modelo Q_{10} puede ser usado para describir que tan rápida puede ir una reacción (Ibarz y Naves, 1995). Siendo que en la relación de las temperaturas más altas (45-35°C) la velocidad de reacción es mayor debido a que se aceleran los cambios en las chips de betabel con el aumento de la temperatura, como se muestra en la tabla 21.

Tabla 21. Valores de Q_{10}

Temperatura (°C)	Q_{10}	
	Celofán	Metalizado
35-25°C	1.1	1.32
45-35°C	2.96	2.47

Respecto a los análisis microbiológicos durante los 35 días de la vida de anaquel que se muestran en la tabla 22, se observa que en los dos tipos de envases empleados no hubo crecimiento de ningún microorganismo en el día cero a 25°C, así como tampoco de coliformes totales a lo largo de los 35 días de estudio, estando dentro de lo establecido con el límite permisible en el PROY-NOM-216-SSA1-2002 de 50 UFC/g en botanas. Sin embargo, tanto en mesófilos aerobios como en mohos y levaduras si se obtuvo crecimiento, siendo que para el envase de celofán se encontraron más unidades formadoras de colonias para ambos microorganismos ya que el envase metalizado mantiene mejor los alimentos, debido a que sirve como barrera contra el aire (gases y olores) y la humedad (Belplasticos, 2019).

También se puede observar que al pasar los días la carga microbiana iba disminuyendo, haciéndose más notorio en la temperatura de 45°C en ambos tipos de envase y esto pudo deberse a que un factor importante para el crecimiento de

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



los microorganismos es la actividad de agua (a_w), que se refiere a la cantidad de agua que está presente para reacciones que se llevan a cabo en un alimento. El valor de a_w en los alimentos puede variar de 0.0 a 1.0, siendo que las papas fritas tienen valor de $a_w < 0.60$, haciendo así que se encuentre menos agua disponible para el desarrollo microbiano (Carrillo-Inungaray y Reyes-Munguía, 2013).

Tabla 22. Análisis microbiológico en las chips de betabel a diferentes temperaturas

T (°C)	25°C			35°C			45°C		
Envase de celofán									
t (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	≤10	≤10	≤10	2.5x10 ²	7.9x10 ²	≤10	7.6x10 ²	7.9x10 ²
7	≤10	8.8x10 ²	3x10 ²	≤10	8.5x10 ²	3.6x10 ²	≤10	1.4x10 ³	8.2x10 ²
14	≤10	4.6x10 ²	1.6x10 ²	≤10	2.9x10 ²	2.8x10 ²	≤10	6.7x10 ²	1 x10 ²
21	≤10	3.8x10 ²	1.9x10 ²	≤10	7.1x10 ²	1.9x10 ²	≤10	4x10 ²	2.5x10 ²
28	≤10	3.3x10 ²	1.3x10 ²	≤10	3.2x10 ²	1.8x10 ²	≤10	3.7x10 ²	2.3x10 ²
35	≤10	2.4x10 ²	1.3x10 ²	≤10	1.3x10 ²	1.6x10 ²	≤10	1.8x10 ²	9x10 ¹
Envase metalizado									
0	≤10	≤10	≤10	≤10	1.3x10 ²	7x10 ²	≤10	1.4x10 ²	4.2x10 ²
7	≤10	7.4x10 ²	2.8x10 ²	≤10	6.8x10 ²	4.8x10 ²	≤10	7.6x10 ²	4.6x10 ²
14	≤10	2.8x10 ²	1.5x10 ²	≤10	2.9x10 ²	1.6x10 ²	≤10	3.7x10 ²	1 x10 ²
21	≤10	2.3x10 ²	1.3x10 ²	≤10	2.1x10 ²	9x10 ¹	≤10	2.7x10 ²	1.2x10 ²
28	≤10	2.3x10 ²	1.1x10 ²	≤10	1.2x10 ²	5x10 ¹	≤10	1.7x10 ²	1x10 ²
35	≤10	1.4x10 ²	7.5x10 ¹	≤10	1.3x10 ²	3.5x10 ¹	≤10	1.8x10 ²	7 x10 ¹

Así pues los mesófilos aerobios, mohos y levaduras en ambos tipos de envase también se encuentran dentro de los límites permitidos según el Codex Alimentarius (2003), en el apartado 9.5 de la norma que establece los criterios

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano específica que para productos cocidos de consumo directo, como extruidos, expandidos, hojuelas instantáneas, y otros similares, el límite máximo para aerobios es de 10^4 , para mohos y para levaduras de 10^2 .



6. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES



Con base en los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- El método de secado por estufa permitió obtener una botana de betabel con una humedad final más baja que aplicando el método de secado por microondas; así como una textura más crujiente y una menor carga microbiana, así también se comprobó la importancia de la aplicación de estos métodos como pretratamientos al freído, pues tanto en el secado por estufa como secado por microondas se logró disminuir la absorción de aceite en el producto final con un valor de 27.3 y 39.25 % respectivamente. Siendo la botana que fue sometida a secado por estufa y un posterior freído la que obtuvo mayor °Brix, menor carga microbiana, mayor aceptación por los panelista y una textura crujiente.
- En la aplicación del saborizante, el sabor adobado en ambos momentos de aplicación (antes del secado y después del freído) fue el que más agradó a los panelistas.
- Los parámetros químicos de las chips de betabel presentaron un valor menor de grasa con 27.3% y valores muy similares entre las chips de jícama y camote en cuanto a proteínas, azúcares y carbohidratos, 650 mg de sodio siendo el mayor valor pues el sabor aplicado le aportó una cantidad importante, se obtuvo una capacidad antioxidante de 38.37 μ moles equivalentes a trolox/g fruto fresco.
- En cuanto a la vida de anaquel se utilizó el índice de peróxidos como atributo de degradación para la estimación de la vida útil de las chips de betabel, en donde se obtuvo que el envase metalizado logró prolongar por más tiempo la vida útil, hasta 129 días a 25°C en comparación con el envase de celofán de 88 días a 25°C. Siendo la energía de activación obtenida para el envase de celofán fue de 53781.69 J/mol, mientras que para el envase metalizado fue de 48695.77 J/mol. Asimismo el valor de Q_{10} para el envase de celofán del intervalo de temperatura 35 a 25°C fue de 1.1

CONCLUSIONES



y 2.96 para 45 a 35°C, mientras que para el envase metalizado de 35-25°C se obtuvo 1.32 y 2.47 para 45 a 35°C. Además de haberse llevado a cabo la elaboración de las chips con buenas prácticas de manufactura pues la carga microbiana se encontró dentro de los límites máximos permitidos.



7. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados y para continuar con el presente proyecto se recomienda lo siguiente:

- Utilizar otras hortalizas como zanahoria, camote, etc. para así comprobar la efectividad de los tratamientos de secado aplicados.
- Considerar la aplicación de otros saborizantes como chile y limón, jalapeño, etc. en las chips de betabel, buscando una mayor aceptación por los posibles consumidores.
- Estudiar el efecto en el contenido de vitamina C durante la elaboración de la botana pudiendo ser reportada en la etiqueta.
- Realizar un estudio de mercado para conocer la viabilidad comercial que tendrían las chips de betabel.



8. REFERENCIAS

- ✓ Alfaro, S. (2016). Effects of Drying Techniques on Murtilla Fruit Polyphenols and Antioxidant Activity. *Journal of Food Research*, 895. DOI:10.5539/jfr.y3n5p73
- ✓ Alimentación sana. (2015). Aproveche las propiedades del Betabel. Recuperado de <http://www.ligadealimentacion.com/aproveche-las-propiedades-del-betabel/>
- ✓ Álvarez C. E. (2012). Diseño planta papas fritas. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/86805785/disenio-planta-papas-fritas>
- ✓ AMS. (2018). Volúmenes de exportación de frutas y hortalizas mexicanas. Recuperado de <http://www.economia-sniim.gob.mx/2010prueba/ExtFrutasVolExport.asp?Cons=D&prod=BETABEL&front=T&dqDia=28&dqMes=11&dqAnio=2017&aqDia=28&aqMes=11&aqAnio=2018&Formato=Nor&submit=Ver+Consulta>
- ✓ Arrobo-Reyes J. (2013). La fruta de jícama una alternativa de nutrición y salud. *Revista científica Yachana*, 2(2): 219-223.
- ✓ Arts I.C., Hollman P.C. (2005). Polyphenols and disease risk in epidemiologic studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1): 317- 325. DOI: 10.1093 / ajcn / 81.1.317S.
- ✓ Arvensis Agro. (2014) ¿Qué importancia tienen los grados brix en la fruta? ¿Y que son los grados brix? Recuperado de <https://www.arvensis.com/blog/que-importancia-tienen-los-grados-brix-en-la-fruta-y-que-son-los-grados-brix/>
- ✓ Asociación de Fabricantes de Aperitivos. (2009). Historia del aperitivo. Recuperado de http://www.afap-aperitivos.com/productos_fichas/Nota_AFAP_Historia.pdf
- ✓ Badui Dergal S. (2006). *Química de los alimentos*. México. Pearson.
- ✓ Barbosa Cárnovas G. V. y Vega Mercado H. (1996). *Dehydration of Foods*, New York, Chapman and Hall.
- ✓ Barnés H. G. (2015). La razón por la que nos gusta la comida picante, según la ciencia. Recuperado de https://www.elconfidencial.com/alma-corazon-vida/2015-01-04/la-razon-por-la-que-nos-gusta-la-comida-picante-segun-la-ciencia_615794/
- ✓ Bayona R. Martín A. (2009). Evaluación microbiológica de alimentos adquiridos en la vía pública en un sector del norte de Bogotá. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262009000200002
- ✓ Bélanger J. M., Paré J. R. Jocelyn, O. Poon, C. Fairbridgem S. Ng, S. Mutyala, R. Hawkins, (2008). "Remarks on Various Applications of Microwave Energy". *Journal of the Microwave Power and Electromagnetic Energy*, 42 (4), 24-44. DOI: 10.15665/rp.v15i1.658
- ✓ Belplasticos. (2019). Bolsas de aluminio. Recuperado de <https://www.belplasticos.com/bolsas/bolsas-de-aluminio1/bolsas-de-aluminio/>
- ✓ Bermúdez K.A. (2012) Vigilancia tecnológica de unión mecánica de latas de Bambú. Universidad del Valle – Oficina de Transferencia de resultados de investigación (OTRI), Cali. Colombia
- ✓ Berruecos P. (2016) ¿Pizzas con helado? Helado Oscuro se reinventa. Recuperado de <http://monchitime.com/2016/08/pizzas-helado-helado-oscuro-se-reinventa/>
- ✓ Boletín Oficial del Estado. Real Decreto (1989), por el que se aprueba la Reglamentación Técnico-Sanitaria para la elaboración y comercialización de patatas fritas y productos de aperitivo. BOE 1989; 33: 3795-9
- ✓ Boubekri A., Benmoussa H., Courtois F., Bonazzi C. (2010). Softening of overdried "Deglet nour" dates to obtain high-standard fruits. Impact of rehydration and drying processes on quality criteria. *Drying Technology*. 28(2), 222-231. DOI: 10.1080/07373930903526764
- ✓ Boucher F. (1991). Secado como método de conservación. En *Tecnología Alimentaria Y Agroindustria Rural* (82-83). Colombia: Celater.

- ✓ CANACINTRA. (2012). Datos relevantes de la Industria de Botanas. Recuperado de http://www.botanas.org.mx/botana/index.php?option=com_content&view=article&id=80&Itemid=204
- ✓ Canafem. (2010). Envases metálicos, buena opción para conservar alimentos. Recuperado de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/17935-envases-metalicos-buena-opcion-conservar-alimentos>
- ✓ Cantillo J. A., Fernández C. M., Núñez de Villavicencio M. (1994). Durabilidad de los Alimentos. Métodos de Estimación. La Habana, Cuba. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.
- ✓ Carnevali de Falke S., Degrossi M. C. (2008). Hidratos de carbono. Caramelización. Recuperado de http://www.contenidonutricion2.com.ar/bromatologia/modulo%203/Leccion_4.pdf
- ✓ Carrillo-Inungaray M. L., y Reyes-Munguía A. (2012). Vida útil de los alimetos. Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 2(3): 1-25. ISSN: 2007-9990
- ✓ Castro Q. M. (2018). Carbohidratos y fibra. Recuperado de https://www.ministeriodesalud.go.cr/gestores_en_salud/guiasalimentarias/carbohidratos.pdf
- ✓ CDC Programa Nacional de Prevención de la Diabetes. (2018). Fase de seguimiento: Grasas saturadas, insaturadas y trans. Recuperado de https://www.cdc.gov/diabetes/prevention/pdf/spanish/sp_posthandout_session2.pdf
- ✓ Chen L., Opara U. L. (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods-A review. Journal of Food Engineering. 119(3), 497-507. DOI: 10.1016 / j.jfoodeng.2013.06.028
- ✓ Clifford T., Howatson G., Daniel J., West D. J., y Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. Nutrients, 7, 2801–2822. DOI: 10.3390 / nu7042801
- ✓ Codex Alimentarius (2003). Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Recuperado de <http://cort.as/-LmAU>
- ✓ Costa A., Ferreira, S. (2007). Sistema de secado solar para frutos tropicales. Información Tecnológica. 18(5): 49-58
- ✓ Dana D, Saguy S. (2003). Integrated approach to deep fat frying: engineering nutrition, health and consumer aspects. Journal Food Engineering. 56(2-3), 143-52. DOI: 10.1016/S0260-8774(02)00243-1
- ✓ Delgadillo González O. (2018). Química de alimentos I. Caramelización. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Seminario-Caramelizacion_27353.pdf
- ✓ Delgado-Nieblas C. I., Zavaleta Morales J. J., Gallegos Infante J.A., Aguilar Palazuelos E. Camacho-Hernández I. L., Ordorica-Falomir C. A. (2014). Elaboración de productos de aperitivo funcionales utilizando materias primas ricas en carotenoides y dietética fibra: efectos del proceso de extrusión. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.915892>. DOI: 10.1080 / 19476337.2014.915892
- ✓ Dewanto V., Wu X., Adom K.K., Lui R. H. (2002). Effect of storage and thermal treatment on the antioxidant of tomato fruits. Journal of the Chinese Agriculture Chemical Society (Taiwan). 50(10), 3010-3014. DOI: 10.1021 / jf0115589
- ✓ Escudero A. E., González S. P. (2006). La fibra dietética. Nutrición Hospitalaria. 21(2), 61-72. ISSN: 0221-1611
- ✓ FAO. (2002). Grasas y ácidos grasos en nutrición humana. P 3 y 9.

- ✓ FAO: Alimentación y nutrición. (1991). Raíces, tubérculos, plátanos y bananas en la nutrición humana. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- ✓ FDA U.S. FOOD & DRUG ADMINISTRATION. (2018). El sodio en su dieta: Use la etiqueta de Información Nutricional y reduzca su consumo. Recuperado de <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/el-sodio-en-su-dieta-use-la-etiqueta-de-informacion-nutricional-y-reduzca-su-consumo>
- ✓ Fernández Gutiérrez, J.A., San Martín Martínez, E., Martínez Bustos, F. y Cruz Orea, A. (2004). Physicochemical properties of casein-starch interaction obtained by extrusion process, *Starch*, 56 (5), 190-198. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.200300211>
- ✓ Figiel, A. (2010). Drying kinetics and quality of beetroots dehydrated by combination of convective and vacuum-microwave methods. *Journal of Food K, Engineering*, 98(4), 461–470. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2010.01.029
- ✓ Fillion L., Henry C. (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *Int Journal Food Sci. Nutr.* 49(2), 157-268. PMID: 9713586
- ✓ Fito-Maupoe P., Andrés Grau A. M., Barat Baviera J. M. y Albors Sorolla A. M. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente. España: Universidad Politécnica de Valencia.
- ✓ Forbes S. (2018). Mexicanos, de los mayores consumidores de botanas en el mundo. Recuperado de <https://www.forbes.com.mx/mexicanos-de-los-mayores-consumidores-de-botanas-en-el-mundo/>
- ✓ Fu B., Labuza T. P. (1997) Shelf-life testing: procedures and prediction methods. *Quality in Frozen Food*. Chapman & Hall. New York, USA. pp: 377-415.
- ✓ Fuselli S., Filsinger B., Fritz, R y Yeannes M. (2004). Estudio microbiológico de ajo (*Allium sativum* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.) deshidratados. *Revista Argentina de microbiología*. 36(3): 139-144.
- ✓ García B. C., Chacón V. G., Molina M. E. (2011) Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Ingeniería*. 21(2), 31-38. ISSN: 1409-2441
- ✓ García G. (2012). Alimentos que ayudan a prevenir y combatir enfermedades. EE.UU.: Palabrio.
- ✓ García, C., Molina M.E. (2008). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas, *Ingeniería*. 18(1.2), 57-64. ISSN: 1409-2441; 2008
- ✓ Glokhale, S. V., y Lele, S. S. (2011). Dehydration of red beet root (*Beta vulgaris*) by hot air drying: process optimization and mathematical modeling. *Food Science and Biotechnology*, 20(4), 955–964. DOI: 10.1007/s10068-011-0132-4
- ✓ Gómez-López P. (2013). Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3ª. generación a base de chíá y almidón de maíz resistente ar4. Recuperado 25 de Noviembre de 2018, de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42635/GomezLopezPaulette.pdf;jsessionid=DE8CB828F0AF3D96DC1DFF9F569F3EC0?sequence=1>
- ✓ Hanan-Alipi A. M. y Mondragón-Pichardo J. (2009). *Chenopodiaceae Beta vulgaris* L. Recuperado 5 de Noviembre de 2018, de <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/chenopodiaceae/beta-vulgaris/fichas/ficha.htm>
- ✓ Heredia A., Barrera C., Andrés A. (2007). Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *Journal of Food Engineering*. 80(1): 111–118. DOI: 10.1016 / j.jfoodeng.2006.04.056

- ✓ Hermida-Álvaro. (2018) ¿Por qué nos gusta tanto la comida crujiente? Recuperado de https://www.alimente.elconfidencial.com/bienestar/2018-02-27/patatas-fritas-y-otros-crujientes_1479183/
- ✓ Hernández G. C. y Bustamante S. C. (2012). Charritos Bioenergética: de las botanas a la energía limpia. *Revista Emprendedores*. PP. 33-39.
- ✓ Huber G. (2001). Snack foods from cooking extruders. pp 315-367 in: *Snack Foods Processing*. Ed. EW Lusas and LW Rooney. Lancaster, PA: Technomic Publishing Company, Inc.
- ✓ Ibarz, A. y J. Naves. (1995). Efecto de la temperatura y Contenido en Sólidos Solubles Sobre la Cinética de Pardeamiento No Enzimático de zumos clarificados de Manzana. *Food Science and Technology International* 1 (1): 29-34. DOI: 10.1177/108201329500100105
- ✓ Industria Alimenticia. (2004). Colores alimenticios. Recuperado de <https://www.industriaalimenticia.com/articulos/85125-colores-alimenticios>
- ✓ Ingredienta Gourmet. (2018). Mermelada de betabel con zanahoria y jengibre. Recuperado 27 de Noviembre de 2018, de <https://ingredienta.com/tienda/fermentado-de-betabel-zanahoria-y-jenjibre/3-21-conserva-betabel-zanahoria/>
- ✓ ITC. (2017). Hortalizas, plantas, raíces y tubérculos comestibles. Recuperado 28 de Noviembre de 2018, de https://www.trademap.org/tradestat/Country_SelProduct_TS_Map.aspx?nvpm=3||||07|2|1|1|2|2|1|2|1|1
- ✓ Joshi, A., Rupasinghe, H., Khanizadeh, S. (2011). Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin c and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 453–457. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2010.00487.x
- ✓ Juszczak, L., Witczak, M., Fortuna, T. y Beata, S., (2010). Effect of temperature and soluble solids content on the viscosity of beetroot (*Beta vulgaris*) juice concentrate. *International of Food Proprieties*, Issue 13, pp. 1364-1372. DOI: 10.1080/10942912.2010.490896
- ✓ Kadiri A. A. (2017). Planta de elaboración de papatas fritas en la Rioja. 26 de Abril de 2019, de Universidad de la Rioja Sitio web: https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002753.pdf
- ✓ Kowalski, S. J., y Szadzinska, J. (2014). Kinetics and quality aspects of beetroots dried in non-stationary conditions. *Drying Technology*, 32, 1310–1318. DOI: 10.1080 / 07373937.2014.915555
- ✓ Krokida, M.K., Oreopoulou, V. y Maroulis, Z.B. (2000). Water loss and oil uptake as a function of frying time. *Journal of Food Engineering*. 44(1), 39-46. PII: S0260-8774(99)00163-6
- ✓ Kuskoski E. M., Asuero A. G., Troncoso A. M., Mancini-Filho J., Fett R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, 25(4), 726-732.
- ✓ Labuza, T. (1982). *Shelf-life dating of foods*. Washington, D.C. Connecticut: Food & Nutrition Press
- ✓ Labuza, T. P. (1984). Application of chemical kinetics to deterioration of foods. *Chemical Education*. 61(4), 348-358. DOI: 10.1021/ed061p348
- ✓ Leyva L. F. (2017). Remolacha (betabel). Recuperado 25 de Noviembre de 2018, de <https://www.tuberculos.org/remolacha/>
- ✓ Limón V. V. (2006). Elaboración de una botana de tercera generación a partir de almidón de maíz, maíz de calidad proteínica y concentrado proteínico de leche por extrusión. Tesis Maestría en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Autónoma de Sinaloa.

- ✓ López García V. (2014). Manual de textura. Universidad Autónoma de México.
- ✓ Mazumder P., Roopa S., Bhattacharya S. (2007). Textural attributes of a model snack food at different moisture contents. *Journal of Food Engineering*. 79. 511-516. DOI: 10.1016 / j.jfoodeng.2006.02.011
- ✓ McGuire R. G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. Recuperado de <http://hortsci.ashspublications.org/content/27/12/1254.full.pdf+ht>
- ✓ Méndez G. J. (2010) Producción orgánica de betabel (*Beta vulgaris L.*): Evaluación de variedades y efecto de dos compostas. Licenciatura Ingeniero en agrobiología, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- ✓ Mercola. (2014). Beneficios del betabel. Recuperado 12 de Septiembre de 2018 de <https://alimentossaludables.mercola.com/betabel.html>
- ✓ Montes O. N., Millar M. I, Provoste L. R., Martínez M. N., Fernández Z. D., Morales I. G., Valenzuela B. R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182016000100013
- ✓ Moreiras O., Carbajal A., Cabrera L., Cuadrado C., (2013). Remolacha. Recuperado de <http://www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/remolacha.pdf>
- ✓ Moreno Arribas M.V. (2017). La importancia del color en los alimentos. *Alimentaria: Revista de tecnología e higiene de los alimentos*. 486(1), 6-7. ISSN: 0300-5755
- ✓ Moreno M, Bouchon P. (2008) A different perspective to study the effect of freeze, air, and osmotic drying on oil absorption during potato frying. *J Food Sci.*; 73:122-8. DOI: 10.1111 / j.1750-3841.2008.00669.x.
- ✓ Murcia. (2017). Remolacha. Recuperado 27 de Noviembre de 2018, de http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-23591-DETALLE_REPORTAJESPADRE
- ✓ Nacz M., Shahidi F. (2006). Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and análisis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 43(2): 1523 –1542. DOI: 10.1016 / j.jpba.2006.04.002
- ✓ Navarre DA, Goyer A, Shakya R. (2009) Chapter 14 - Nutritional value of potatoes: vitamin, phytonutrient, and mineral content. *Adv Potato Chem Technol*; 395-424
- ✓ Nelson K., Labuza T. P. (1994) Water activity and food polymer science: Implications state on Arrhenius and WLF models in predicting shelf life. *Journal of Food Engineering*. 22, 271-290
- ✓ NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos.
- ✓ NMX-F-068-S-1980. Alimentos. Determinación de proteínas.
- ✓ NMX-F-088-1964. Método de prueba para la determinación de microorganismos.
- ✓ NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método soxhlet) en alimentos.
- ✓ NMX-F-101-SCFI-2012. Alimentos. aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de ácidos grasos libres.
- ✓ NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados brix.
- ✓ NMX-F-154-SCFI-2010. Alimentos. aceites y grasas vegetales o animales. Determinación del índice de peróxido.
- ✓ NMX-F-222-1975. Determinación de rancidez en aceites y grasas vegetales o animales.
- ✓ NMX-F-250-S-1980. Ajo deshidratado.
- ✓ 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. Apartado 7. Determinación de fibra dietética.
- ✓ 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.
- ✓ NOTIMEX. (2018). Nueve de cada 10 mexicanos comen papas fritas. 11 de Junio de 2019, de Excelsior Sitio web: <https://www.excelsior.com.mx/nacional/2018/03/12/1225838>
- ✓ Nuffield Foundation. (1984). Ciencia de la alimentación. España: Reverte.
- ✓ Olivas Gastélum R., Nevárez Moorillón G. V., Gastélum Franco M. G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua* 3(1), 1-7.
- ✓ Paz R., Masson L., Romero M., Dobarganes M.C., Izaurrieta M., Ortíz J. y 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
- ✓ Pérez D. (2018). Barcel, Sabritas, Pap's o Pringles: Las mejores papas que puedes comprar. Recuperado 27 de Noviembre de 2018, de <https://www.dineroenimagen.com/tu-dinero/barcel-sabritas-paps-o-pringles-las-mejores-papas-que-puedes-comprar/92831>
- ✓ Pérez-Reyes M. E., Sosa-Morales M. E. (2013). Mecanismos de transferencia de calor que ocurren en tratamientos térmicos de alimentos. *Temas selectos de Ingeniería en alimentos* , 7-1, 37-47
- ✓ Perry, R., Chilton C. (1984) *Chemical Engineering Handbook*, 7ma. Edición, Continental, México.
- ✓ Procomer. (2017). El mercado de snacks creció en México. Recuperado de <https://www.legiscomex.com/Documentos/mercado-snacks-crecio-mexico-oct-11-16-16not>
- ✓ PROFECO. (2008). Papas fritas envasadas. Recuperado de https://www.profeco.gob.mx/revista/pdf/est_08/56-63%20papas.pdf
- ✓ PROY-NOM-216-SSA1-2002. Productos y servicios. Botanas. Especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación
- ✓ Quetglas M. (2018). Tendencias en sabor: lo exótico, natural y <<de siempre>> marca la innovación alimentaria en 2018. Recuperado de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/tendencias-innovacion-sabores/>
- ✓ Quezada L. C. (2017). Reacción de Maillard. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- ✓ Rakcejeva, T., Galoburda, R., Cude L. y Strautniece, E. (2011) Uso de calabazas secas en la producción de pan de trigo. *Procedia Food Science*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211601X11000691>. DOI: 10.1016/j.profoo.2011.09.068
- ✓ Remedios 10. (2018). Jugo de Betabel con zanahoria y manzanas. Recuperado de <http://remedios10.net/jugo-de-betabel-con-zanahoria-y-manzanas/>
- ✓ Revista Diners. (2018) ¿Por qué nos gusta comer lo que más engorda? Recuperado de https://revistadiners.com.co/boutique/salud-y-belleza/57255_por-que-nos-gusta-comer-lo-que-mas-engorda/

- ✓ Riaz M. N. (2006). New Technological Solutions – Extrusion Process. In: International Palm Oil Trade Fair & Seminar (PDTs). Malaysia, Kuala Lumpur, 21–24 Noviembre. Food Protein R&D Center, Texas A & M University.
- ✓ Ricas recetas. (2018). Ensalada de Betabel a los Cítricos. Recuperado de <https://www.recetasricas.net/ensalada-de-betabel-a-los-citricos/>
- ✓ 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. ISSN: 1316-7081
- ✓ Rosendo G. A. (2012). Venta de Botanas Gómez. Directorio Empresarial Electronico. Recuperado de <https://conacyemtoluca.wordpress.com/2012/05/24/venta-de-botanas-gomez/>
- ✓ Ruta de la seda. (2010). Panecillos de betabel o remolacha (*Beta vulgaris*). Recuperado de <https://rutadelaseda.wordpress.com/2010/09/11/panque-de-betabel-o-remolacha-beta-vulgaris/>
- ✓ Sagñay N. I., (2009). Control de calidad de frutilla (*Fragaria vesca*) deshidratada por método de microondas a tres potencias. Tesis de grado para la obtención del título de bioquímico farmacéutico. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.
- ✓ Salinas-Hernández R. M., G. A. González-Aguilar, M. E. Pirovani y F. Ulín-Montejo (2007) Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. Redalyc. 23(2), 183-197. ISSN: 0186-2979
- ✓ Santos-Gamboa, J., Montilla, A., Villamiel, M. García-Pérez, J. (2012). Aplicación de ultrasonidos de potencia al secado convectivo de fresas. VII Congreso Español de Ingeniería de los Alimentos (cesia), Madrid. Universidad de Castilla-La Mancha. 1-11.
- ✓ Sarimeseli, A. (2011). Microwave drying characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves, Energy Convers. Manag., 52, 1449–1453
- ✓ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2016). Betabel, un vegetal con mucha historia. Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/betabel-un-vegetal-con-mucha-historia>
- ✓ Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2017). De la raíz a la punta de las hojas, el betabel es pura salud. Recuperado de <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/de-la-raiz-a-la-punta-de-las-hojas-el-betabel-es-pura-salud?idiom=es>
- ✓ Serna-Saldivar, S.O., Amaya-Guerra C.A. (2008). Nixtamalización del Maíz a la Tortilla: aspectos nutrimentales y toxicológicos. El papel de la tortilla nixtamalizada en la nutrición y alimentación. Series ingeniería. Universidad de Querétaro, México.
- ✓ Sevatson E. y Huber G.R. (2000). Extruders in the food industry. pp 167-204 in: Extruders in Food Applications. Ed. MN Riaz. Lancaster, PA: Technomic Publishing Company, Inc.
- ✓ SIAP. (2016). Somos noveno productor de hortalizas a nivel mundial. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/articulos/somos-noveno-productor-de-hortalizas-a-nivel-mundial>
- ✓ SIAP. (2018). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Recuperado de http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ientidad/index.jsp
- ✓ Steele, B., Scully, A., y Zerdin, K. (2006). Research snapshot: Accelerated shelf life testing. Recuperado de <http://www.foodscience.csiro.au/fsn/2/fsn2d.htm>
- ✓ Superama. (2018). Néctar Del Valle Nutrivegetales fresa, manzana, y betabel con sabor a hierbabuena 237 ml. Recuperado de <https://www.superama.com.mx/catalogo/d-jugos-y-bebidas/f-jugos-y-nectares/l-nectar/nectar-del-valle-nutrivegetales-fresa-manzana-y-betabel-con-sabor-a-hierbabuena-237-ml/0750105535988>

- ✓ Synergy-Biotech. (2014). Evaluación y determinación de vida de anaquel. Recuperado de <https://www.synergy-biotech.com/evaluacion-y-determinacion-de-vida-de-anaquel.php>
- ✓ Szczesniak A.S. Kramer A. 1973. Texture Measurements of foods. Reidel Publishing Company. Dordrecht, Holanda.
- ✓ Thrace P. (2015). Prepara una pasta al betabel (remolacha). Recuperada de <https://www.nuevamuja.com/lifestyle/2015/07/24/prepara-una-pasta-al-betabel-remolacha.html>
- ✓ To E.C., Mudgett R.E., Wang D.I.C., Goldblith S.A. and Decareau R.V. (1974). Dielectric properties of food materials. Journal of Microwave Power. 4:303-315.
- ✓ Toroky, T. y A. King. (1991). Thermal Inactivation Kinetics of Food Borne Yeasts. Journal of Food Science 56(1): 6-9. DOI: 10.1111/j.1365-2621.1991.tb07961.x
- ✓ Torres A., Guerra M. y 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. 21(2): 129-133.
- ✓ Trejo Márquez M. A., Pérez Loredo M. G. y Pascual Bustamante S. (2010). Practica 2. Esterilización de material y preparación de medios de cultivo para análisis microbiológico. Recuperado de <http://www.actiweb.es/postcosecha/archivo7.pdf>
- ✓ UNED Facultad de Ciencias, Nutrición y Dietética (2019). Guía de Alimentación y Salud. Recuperado de https://www2.uned.es/pea-nutricion-y-dietetica-l/guia/guia_nutricion/el_valor_energetico.htm
- ✓ Urfalino D. P. y Worlock J. (2017). Deshidratación de frutas y hortalizas. Recuperado de <http://procadisaplicativos.inta.gob.ar/cursosautoaprendizaje/deshidratacion/index.html>
- ✓ Viades Trejo J. (2012). Unidad 1. Conceptos básicos de cinética química y su aplicación en alimentos. Recuperado de http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Unidad1CineticaQuimica_19084.pdf
- ✓ Vidal N. (2015). Alimentación saludable, la gran tendencia de consumo actual. Recuperado de <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/consumidor/alimentacion-saludable-la-gran-tendencia-de-consumo-actual-7-claves-orientativas/>
- ✓ Walmart. (2018). Betabel. Recuperado de <https://super.walmart.com.mx/Verduras/Betabel-Vegetalistas-rallado-390-g/00750300404669>
- ✓ Watts B.M. (1992) Métodos sensoriales para la evaluación de los alimentos. Editorial, Canadá.