



**UNIVERSIDAD MICHOACANA SAN NICOLAS DE HIDALGO  
FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA**

Tesis titulada:

***“BOTANA DE PLÁTANO DESHIDRATADO RECUBIERTO CON UN SUSTI-  
TUTO DE CACAO Y ADICIONADO CON VITAMINAS A, C, D Y E”***

Tesis que para obtener el título de Química Farmacobióloga presenta:  
**Guadalupe Marisol Pichardo Zavala**

ASESORES:

**Doctor en Ciencias José Octavio Rodiles López**

**Ingeniera Química Laura Alejandra Calderon Rocha**

**Morelia, Michoacán, Noviembre de 2013**

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida que me dio por que gracias a él pude llegar hasta aquí, y por la maravillosa vida que me ha dado.

A mis padres; Salvador Pichardo y Evangelina Zavala que gracias a su apoyo y confianza he logrado terminar mi carrera.

A mis hermanos, que siempre estuvieron conmigo en todo momento bueno o malo.

Al Dc. José Octavio Rodiles y Dc. Héctor Martínez Flores, que siempre me estuvieron apoyando en todo momento, por su paciencia, dedicación e interés para que yo pudiera realizar mi trabajo de tesis.

A mis amigos: Jeiny, Clau, Gaby, Fernando Rojas, Roberto Trujillo, Juan, Marcela, Laura y Carolina, por su grandes consejos y apoyo.

A mis sinodales: Dr. Héctor Eduardo Martínez Flores Mc. Rosa María García Martínez, Mc. Rafael Zamora Vega por su tiempo y apoyo, así poder concluir mi trabajo de tesis.



## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	i
SUMMARY .....	¡Error! Marcador no definido.
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1. PLÁTANO.....	3
1.1. Clasificación taxonómica .....	4
1.2. Morfología del plátano .....	6
1.3. Producción de plátano en México.....	7
2. HISTORIA DEL CACAO EN MÉXICO .....	8
2.1. Cacao .....	9
2.2. Fermentación del grano.....	10
2.3. Prensado .....	10
2.4. Grasas del chocolate.....	11
2.4.1. <i>Codex stan 87-1981 norma para el chocolate:</i> .....	12
2.5. Temple de manteca de cacao y sus equivalentes .....	13
2.6. Sustitutos del cacao .....	14
2.6.1. Composición de los CBS.....	14
2.6.2. Propiedades de los CBS .....	15
3. SECADO .....	15
3.1. Curva de secado .....	16
3.2. Métodos de secado .....	17
3.2.1. Secado al sol.....	18
3.2.2. Secado con equipo solar .....	18
3.2.3. Secado mecanizado.....	18
3.3. Consideraciones de secado .....	19
3.4. Calidad del producto seco .....	20
3.5. Re-hidratación del producto seco .....	20
3.6. Actividad de agua .....	21
4. VITAMINAS .....	23
4.1. Vitaminas liposolubles .....	23
4.1.1. Vitamina A.....	23
4.1.2. Vitamina D.....	24
4.1.3. Vitamina E.....	25
4.1.4. Vitamina K.....	26

4.2. Vitaminas hidrosolubles.....	26
4.2.1. Vitamina C.....	26
5. BOTANAS .....	27
<b>II. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>28</b>
<b>III. HIPÓTESIS .....</b>	<b>29</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
1. OBJETIVO GENERAL.....	30
2. OBJETIVOS PARTICULARES .....	30
<b>V. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
1. MATERIA PRIMA .....	31
2. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS.....	32
2.1. Determinación de °Brix.....	32
3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO .....	32
3.1. Humedad.....	32
3.2. Proteína.....	33
3.3. Extracto etéreo .....	33
3.4. Cenizas .....	33
3.5. Fibra dietética total .....	33
3.6. Carbohidratos.....	33
3.7. Perfil de lípidos.....	34
4. SECADO SOLAR Y TOSTADO DEL PLÁTANO .....	34
4.1. Proceso de secado.....	35
4.2. Tostado .....	35
4.3. Actividad de agua.....	35
5. ADICIÓN DE VITAMINAS A, C, D Y E .....	35
6. ANÁLISIS SENSORIAL .....	36
6.1. Formulario análisis sensorial .....	36
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>38</b>
1. SECADO SOLAR DEL PLÁTANO.....	38
2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PLÁTANOS .....	43
3. ANÁLISIS SENSORIAL PLÁTANOS DESHIDRATADOS .....	44

4. PROCESO DE TOSTADO .....	46
5. CHOCOLATE .....	48
5.1. Porciento de lípidos .....	49
5.2. perfil de ácidos grasos.....	48
5.3. Cobertura de chocolate .....	55
6. ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BOTANA.....	56
7. BROMATOLÓGICO PLÁTANO CON CEBES 30-08.....	57
8. ADICIÓN DE VITAMINAS A, C, D Y E .....	58
9. TABLA NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL.....	59
9.1. Cálculos:.....	59
10. ACTIVIDAD DE AGUA .....	60
<b>VII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta del Plátano. ....	7
Figura 2. Elaboración del Chocolate. ....	11
Figura 3. Etapas de Secado en un Sólido. ....	17
Figura 4. Gráfica de Actividad de Agua.....	22
Figura 5. Secador Solar .....	34
Figura 6. Diferentes Estados de Madurez del Plátano. Estados 3, 5, 8. ....	39
Figura 7. Curva de Secado. Plátano Madurez 3.....	40
Figura 8. Curva de Secado. Plátano Madurez 5.....	41
Figura 9. Curva de Secado. Plátano Madurez 8.....	42
Figura 10. Rodajas de plátano deshidratado madurez 5.....	43
Figura 11. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Olor.....	45
Figura 12. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Color.....	45
Figura 13. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Sabor.....	46
Figura 14. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Textura. ....	47
Figura 15. Tostado de Rodajas de Plátano. ....	48
Figura 16. Rodajas de Plátano con Cubertura de Chocolate. ....	56
Figura 17. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Olor.....	56
Figura 18. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Color.....	57
Figura 19. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Sabor.....	58

Figura 20. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Textura. ....58

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor Nutricional del Plátano. 100 g.....	3
Cuadro 2. Clasificación taxonómica del Plátano. ....	4
Cuadro 3. Principales Clones de <i>Musáceas</i> Cultivadas en México.....	5
Cuadro 4. Variedades de Plátano en México. ....	8
Cuadro 5. Comparación de los estándares del chocolate en EU y UE. ....	12
Cuadro 6. Ácidos grasos más abundantes en la manteca de cacao, CBR y CBS. ....	14
Cuadro 7. Valores de Actividad de Agua Mínima para el Crecimiento Microbiano.....	22
Cuadro 8. Características del plátano acorde a los °Brix. ....	32
Cuadro 9. Relación de Vitaminas en Producto Terminado.....	35
Cuadro 10. Formulario Prueba Sensorial Plátano Deshidratado.....	36
Cuadro 11. Formulario Prueba Sensorial. Plátano con Cubierta de Chocolate.....	37
Cuadro 12. Clasificación por Azúcares Libres en Estados de Madurez del Plátano .....	39
Cuadro 13. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 3. ....	39
Cuadro 14. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 5 .....	40
Cuadro 15. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 8. ....	41
Cuadro 16. Análisis Bromatológico Plátanos Deshidratados. ....	43
Cuadro 17. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Olor” .....	44
Cuadro 18. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Color” .....	45
Cuadro 19. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Sabor” .....	46
Cuadro 20. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según la “Textura” .....	46
Cuadro 21. % de Lípidos en HERSHEY’S, CEBES 30-08 y CEBES LSX 80. ....	49
Cuadro 22. Perfil de lípidos en HERSHEY’S CLASSIC. ....	50
Cuadro 23. Perfil de lípidos en CEBES 30-08.....	51
Cuadro 24. Perfil de lípidos en CEBES LSX 80. ....	52
Cuadro 25. Ácidos Grasos en Hershey’s Classic, CEBES 30-08 y CEBES LSX 80.....	54
Cuadro 26. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Olor. ....	56
Cuadro 27. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Color. ....	55
Cuadro 28. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Sabor. ....	55
Cuadro 29. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Textura. ....	56
Cuadro 30. Análisis Bromatológico Producto Terminado. ....	57
Cuadro 31. Ingesta Diaria Sugerida de Vitaminas A, D, E y C.....	58
Cuadro 32. Valor Nutricional. Producto Terminado. ....	59
Cuadro 33. Actividad de Agua de Materia Prima y Producto Final.....	60

## RESUMEN

El plátano es considerado uno de los alimentos más importantes a nivel mundial, y aporta 89 Kcal por cada 100 g. Esta es una de las frutas que más potasio posee y con varias funciones fisiológicas importantes. La deshidratación solar del plátano es una alternativa como método de conservación, la cual es barata y ayuda a conservar sus propiedades nutricionales y aumentando la vida útil de producto. El chocolate es un alimento muy costoso, por lo que hoy en día se elaboran sustitutos de éste con el fin de abaratar costos en el producto final.

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de un alimento funcional; el cual consistió en la elaboración de una botana de plátano deshidratado por medio de un equipo de deshidratación solar y recubierto con un sustituto de chocolate y adicionado con las vitaminas A, C, D y E, y basándonos en la ingesta diaria recomendada de dichas vitaminas. Se usaron plátanos con tres diferentes estados de madurez y evaluados por medio de pruebas sensoriales. Se decidió usar los plátanos con estado de madurez 5. El análisis proximal de dichos plátanos base seca fue 79.62% de carbohidratos, 12.96% de fibra dietética, 0.90% de lípidos, 2.92% de proteínas y 3.6% de cenizas. La humedad fue de 71.94 %. El plátano deshidratado no presentó una textura buena, por lo que se le sometió a un tratamiento de tostado a 150°C por un tiempo de 4 min, y presentando una actividad de agua de 0.30.

El plátano deshidratado y tostado fue cubierto con sustitutos de chocolate y comparando los resultados con plátanos cubiertos con un chocolate comercial (Hershey's Classic®). Se usaron dos sustitutos de manteca de cacao: CEBES LSX 80 con 80% saturados y 20% insaturados, y CEBES 30-08 con 98-100% saturados y 0-2% insaturados; y ambos proporcionados la empresa AAK (AarhusKarisshamn) ubicada en Morelia, Michoacán, México. Se realizaron estudios sensoriales para la elección del sustituto de cacao, y cuyos resultados reflejaron una mayor aceptación de la población por el sustituto de cacao de nombre CEBES 30-08.

La adición de las vitaminas A, C, D y E se hizo de manera directa sobre la base del sustituto de cacao, y elaborando dos presentaciones de dicho producto: bolsa de 30 g y bolsa de 50 g y basándose las cantidades en la ingesta diaria recomendada para México. Botana de 30 g: Vitamina A (16.1%), Vitamina C (40.3%), Vitamina D (25.0%) y Vitamina E (25.0%). Botana de 50 g: Vitamina A (17.0%), Vitamina C (41.3%), Vitamina D (25.0%) y Vitamina E (25.0%). Al producto final se le determinó su valor nutricional y dio 5 kcal/g de botana. La actividad de agua para el producto terminado fue de 0.32.

*Palabras clave:* Plátano, sustitutos de cacao, vitaminas.

## ABSTRAC

The banana is considered one of the most important foods in the world, and providing 89 Kcal each one 100 g. This is the fruit that has more potassium and with several important physiological functions. Solar dehydration of the banana is an alternative as conservation methods. It's very cheap and it helps to conserve the food nutritional properties and increasing the products shelf life. The chocolate is a very expensive food therefore nowadays it's has been developing substitutes for this product, decreasing costs in the end product.

The purpose of this paperwork was the preparation of a functional food, that consist of a dehydrate banana snack using a solar drying equipment and covering with a chocolate substitute added with vitamins A, C, D and E , based in the recommended daily intake. We worked with Roatan bananas in three different maturation states and these were evaluated by tests sensory. According to the results we selected the banana with maturation state of 5.

Proximate analysis on dry base for this banana was of 79.6% of carbohydrates, 12.9% of dietary fiber, 0.9% of lipids, 2.9% of proteins and 3.6% of ashes. The moisture was of 71.94 %. The banana dehydrated presented not a good texture, therefore it was decided to submit the dehydrate banana to a 150°C roasting process for a 4 minutes period, presented a water activity of 0.30.

The dehydrated banana and toasted was covered with cocoa's substitutes and it was compared the results with bananas covered with a commercial chocolate (Hershey's Classic®). We used two cocoa's substitutes: CEBES LSX 80 with 80% of saturated fatty acids and 20% of unsaturated; CEBES 30-08 with 98-100% of saturated fatty acids and 0-2% of unsaturated. Cocoa's substitutes were provided for the company called Aarhus Karishamn (AAK) located in Morelia, Michoacán, Mexico. We performed sensory test for the election of the cocoa's substitute and this results submitted greater acceptation for cocoa's substitute called CEBES 30-08.

The addition of vitamins A, C, D and E was by mean of direct incorporation of vitamins to the base of cocoa's substitute. We developed two presentations a bag of 30 g and other bag of 50 g. The snack of 30 g presented Vitamin A 16.1%, Vitamin C 40.3%, Vitamin D 25.0% and Vitamin E 25.0%. The snack of 50 g presented: Vitamin A 17%, Vitamin C 41.3%, Vitamin D 25.0% and Vitamin E 25.0%. The final product had 5 Kcal/g for snack. The water activity for the end product was of 0.32.

*Keywords:* Banana, cocoa substitutes, vitamins.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como fin la elaboración de una botana de plátano deshidratado y recubierto con un sustituto de cacao y adicionado con las vitaminas liposolubles A, D, y E, y la vitamina hidrosoluble C.

El plátano es una de las frutas tropicales de mayor producción en el mundo, y el cual genera un gran aporte nutricional en la dieta mundial.

El plátano tiene un alto contenido de hidratos de carbono, y de los cuales, además de los azúcares, contiene alrededor del 3.5 % de almidón; y con un aporte calórico de aproximadamente 0.89 Kcal/g. Además de ser de bajo costo en el mercado nacional. En el mercado de abasto de Morelia, Michoacán, éste presenta un costo promedio anual en el 2012 de 4.3 pesos por kilogramo.

Por otro lado, el cacao presenta una gran importancia histórica en México, utilizándose desde las civilizaciones olmecas, mayas y aztecas. Tanto los mayas como los aztecas utilizaban el cacao como moneda de intercambio.

El cacao era consumido en una bebida que los aztecas llamaban *xocolatl* (xococ, agrio, atl, agua); y éste se preparaba con cacao puro, agua, miel y algunas veces, harina de maíz.

Cuando el fruto de cacao se fermenta y se prensa se transforma en chocolate. En su mayoría la manteca de cacao se compone de los ácidos grasos palmítico, esteárico y oleico. Sin embargo, uno de los problemas de este producto son sus altos costos.

Hoy en día, se han generado sustitutos de manteca de cacao con el fin de abaratar costos de producción en el mercado, utilizando aceites vegetales sometidos a hidrogenación total o parcial para obtener un producto con características y comportamientos similares al del chocolate de manteca de cacao e incluso generando un mejor punto de fusión.

En la composición de un sustituto de cacao se desplaza el ácido palmítico presente en los triglicéridos de la manteca de cacao con ácido láurico; y teniendo con ello una composición en su mayoría de láurico, esteárico, mirístico, oleico e incluso linoleico en alguno de estos, dependiendo de su formulación. Las principales materias primas en este grupo son aceite de coco y aceite de semilla de palma.

Las frutas son alimentos muy perecederos debido a su alta porcentaje de humedad, siendo este uno de los principales factores de pérdidas post-cosecha. Uno de los métodos de conservación de alimentos, incluyendo las frutas, es mediante equipos que usan la energía solar y llamados deshidratadores solares, y presentando las siguientes ventajas: bajo costos, no hay exposición directa del alimento al medio ambiente evitando una posible contaminación e incluso protección contra la lluvia.

Este proceso genera un producto como poca actividad de agua que le proporciona mayor vida de anaquel al producto y mayor concentración de sus nutrientes.

# 1. PLÁTANO

En México, el término “Plátano”, se usa para denominar tanto a los bananos como a los plátanos; en otros países, esta separación de nomenclatura se basa en la forma de consumirse: los bananos son los que se consumen como fruta cruda o fresca, y los plátanos los que se consumen ya cocinados. El plátano es considerado uno de los alimentos más importantes en el mundo, y ocupa el 4º lugar en importancia, después del arroz, trigo y la leche (Internet-01).

El plátano tiene un alto contenido de hidratos de carbono, de los cuales, además de los azúcares, contiene alrededor del 3.5 % de almidón. El aporte de calorías es alto, ya que suministra 89 Kcal por cada 100 gramos (Internet-11).

Por otro lado, ésta es una de la frutas que más potasio posee, y aportando además cantidades significativas de magnesio. Por su riqueza en potasio, ayuda a equilibrar el agua del cuerpo al contrarrestar el sodio y favorece la recuperación en estados de nerviosismo y calambres musculares, y fortalece los músculos y la circulación. Es un alimento que presenta una gran riqueza de las vitaminas C y A, componentes beneficiosos en los procesos de desintoxicación del organismo (Vargas *et al*, 2010). En el Cuadro 1 se muestra el perfil nutricional promedio del plátano acorde a la USDA.

Cuadro 1. Valor Nutricional del Plátano. 100 g.

	Base Húmeda	Base Seca
Energía	89 Kcal	362 Kcal
Agua	74.91 g	-
Proteínas	1.09 g	4.35 g
Lípidos totales	0.33 g	1.32 g
Cenizas	0.82 g	3.27 g
Carbohidratos	20.24 g	80.70 g
Fibra dietética	2.60 g	10.37 g
Azúcar total	12.33 g	
Sacarosa	2.39 g	
Glucosa	4.98 g	
Fructosa	4.85 g	
Maltosa	0.01 g	
Almidón	5.38 g	
Calcio	5.00 mg	
Fierro	0.26 mg	
Magnesio	27.00 mg	
Fósforo	22.00 mg	
Potasio	358.00 mg	
Sodio	1.00 mg	
Zinc	0.15 mg	

Cobre	0.08 mg	
Manganeso	0.27 mg	
Selenio	1.00 µg	
Flúor	2.20 µg	
Vitamina A	3.00 µg	
Vitamina D	0.00	
Vitamina E	0.10 mg	
Vitamina K	0.50 µg	
Vitamina C	8.70 mg	
Tiamina	0.03 mg	
Riboflavina	0.07 mg	
Niacina	0.66 mg	
Ácido Pantoténico	0.33 mg	
Vitamina B-6	0.37 mg	
Folatos	20.00 µg	

\* USDA. National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23, 2010 (Internet-10).

## 1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Los bananos y plátanos son plantas comprendidas dentro de las Monocotiledóneas, y pertenecen a la familia botánica Musáceae y al orden Scitamineae.

La familia Musácea está constituida por los géneros Musa y Ensete. El género Ensete se reproduce por semilla y es de uso ornamental y con hábitat subtropical. El género Musa está formado por cuatro secciones: Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys y Eumusa. La sección Eumusa es la de mayor importancia económica y difusión geográfica, ya que en ella se incluyen los bananos y plátanos comestibles (Internet-01).

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del Plátano.

ORDEN	Scitamineae				
FAMILIA	Musáceae	Strelitzoideae	Heliconoideae		
GÉNERO	Musa	Ensete			
SECCIONES	Australimusa	Callimusa	Rhodochlamys	Eumusa	
ESPECIE				Acuminata	Balbisiana

Las especies silvestres *Musa acuminata* y *Musa balbisiana* son las más importantes y dando origen a los plátanos y bananos cultivados mediante hibridación (unión de 2 diferentes géneros o especies, para generar un híbrido el cual no se puede reproducir) y polimorfismo.

Normalmente las células somáticas de plantas contienen dos conjuntos de cromosomas homólogos y se dice que el organismo es diploide. Sin embargo, hay especies o individuos que presentan más de dos juegos cromosómicos completos, y son los denominados individuos poliploides. Si los genomios de un individuo poliploide son iguales, se dice que es un auto poliploide o simplemente un autoploide; si son distintos es un individuo alopoliploide o aloploide (Internet -02).

Los plátanos cultivables se clasifican modernamente en Grupos que indican la contribución genotípica y el grado de ploidía con que están constituidos cada clon o cultivar. Por conveniencia se denomina con la letra “A” a las características semejantes a *M. acuminata* y con “B” a las *M. balbisiana*. La poliploidía presente en los genomas se presenta con la repetición de letras. El grupo principal es el triploide de *acuminata* (AAA) que contiene los clones comerciales más difundidos (Internet-01).

Cuadro 3. Principales Clones de *Musáceas* Cultivadas en México.

CLON	GRUPO	SUBGRUPO
“Enano Gigante”	AAA	“Cavendish”
“Manzano”	AAB	
“Pera o Cuadrado”	ABB	
“Macho”	AAB	“Plantain”
“Dátil o Ciento En Boca”	AA	
“Rombon/Rombao”	AA	“Cavendish”
“Roatán”	AAA	
“Enano Chaparro”	AAA	“Cavendish”
“Valery”	AAA	“Cavendish”
“Morado”	AAA	
“Morado Verde”	AAA	
“Dominico”	AAB	“Plantain”
“Seda”	AAB	

Fuente: [seder.col.gob.mx](http://seder.col.gob.mx)

## 1.2. MORFOLOGÍA DEL PLÁTANO

Planta: Ésta es una herbácea perenne gigante con rizoma corto y tallo aparente, que resulta de la unión de las vainas foliares, cónico y de 3.5 a 7.5 m de altura, y terminado en una corona de hojas.

Tallo: Éste tiene rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudo tallo.

Hojas: Éstas son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1.5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y glabro. Cuando son viejas se rompen fácilmente de forma transversal por el azote del viento. De la corona de hojas sale, durante la floración, un escapo pubescente de 5-6 cm de diámetro, terminado por un racimo colgante de 1-2 m de largo. (Internet-03)

Flores: Posee flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14. (Internet- 12)

Fruto: Ésta es una baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo (Internet-03).

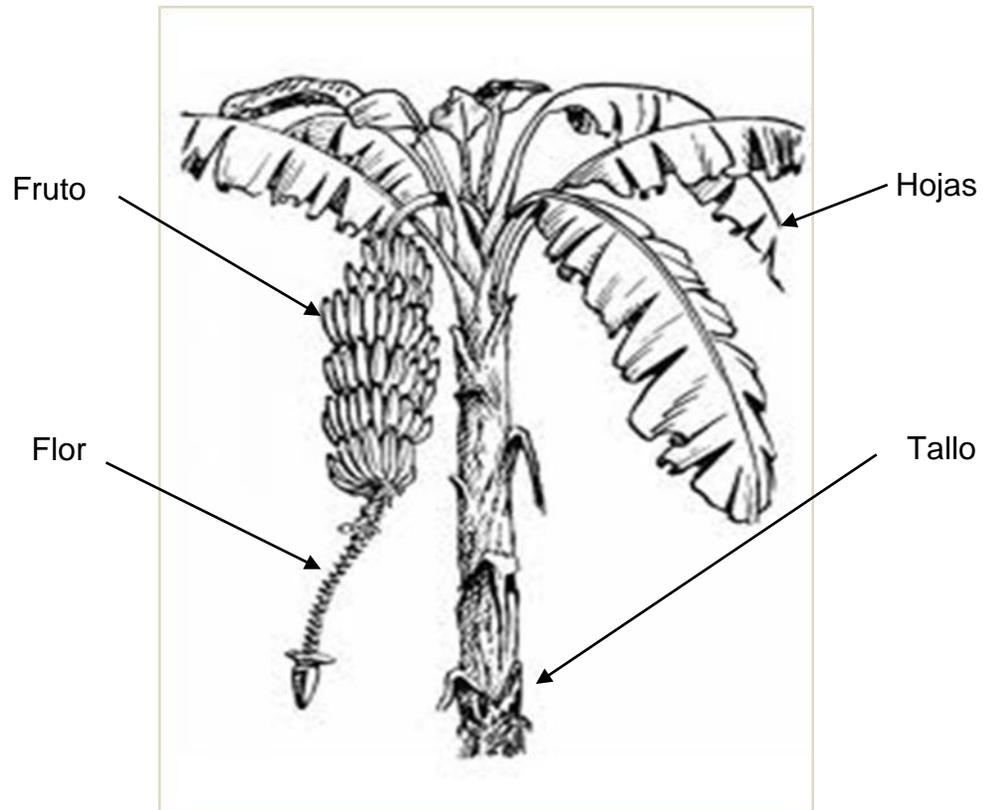


Figura 1. Planta del Plátano.

### 1.3. PRODUCCIÓN DE PLÁTANO EN MÉXICO

En México el plátano es de gran importancia económica a nivel comercial, cultivándose alrededor de 77,301 hectáreas de Bananos y Plátanos que producen más de 2.2 millones de toneladas de fruta, y de las cuales el 95% se destina al consumo nacional y el 5% restante a la exportación. (Internet-13).

La región platanera se ubica en las regiones costeras del Océano Pacífico y del Golfo de México. Los principales Estados productores son Chiapas, Veracruz, Tabasco, Nayarit, Michoacán, Colima, Oaxaca, Guerrero y Jalisco, los cuales se agrupan en tres regiones productoras: Región del Golfo de México (Tabasco, Veracruz y Oaxaca) que ocupa el 41% de la superficie, Región del Pacífico Centro (Colima, Michoacán, Jalisco, Guerrero y Nayarit) con el 27% y la Región del Pacífico (Internet-01).

En el cuadro 4 se presentan las principales variedades de plátanos que se cultivan en México.

Cuadro 4. Variedades de Plátano en México.

Región (Estado)	Grupos Taxonómicos
Tabasco	AAA, AABp, AA
Veracruz	AAA, AABp
Oaxaca	AAA, AABp, AAB
Chiapas	AAA, AABp
Nayarit	AAA, AAB, AABp, ABB
Jalisco	AAA, AABp
Colima	AAA, AABp, AAB, ABB, AA
Michoacán	AAA, AAB, AABp, ABB, AA
Guerrero	AAA, AABp, AAB

Fuente: seder.col.gob.mx

## 2. HISTORIA DEL CACAO EN MÉXICO

El cacao en México se conoció mucho antes de la conquista de América. Era utilizado por los olmecas, mayas y aztecas que vivían en el centro y el sur de lo que hoy conocemos como República Mexicana. La llegada del cacao en México se dio con los olmecas: 1,500 a.C a 400 a.C, quienes fueron los primeros en domesticarlo y utilizarlo. Estos se localizaban en los llanos del Golfo de México, los cuales abarcan el sur de Veracruz y Tabasco.

Tanto los mayas como los aztecas utilizaban el cacao como moneda de intercambio. Para los aztecas y los mayas las bebidas de chocolate tuvieron un valor más allá que el de sólo un alimento; se utilizaba en los rituales y en los banquetes de la clase dirigente, los nobles y los mercaderes. Fue tal la importancia del cacao en las culturas maya y azteca que la relación entre ellos se basó principalmente en la guerra y el intercambio de éste producto. (Interner-14).

Cuando Hernán Cortes conquistó México tuvo oportunidad, entre otras cosas, de conocer el árbol de cacao y la importancia que éste tenía para el pueblo azteca. Observó que no solamente era un alimento, sino que también habían basado en él un sistema monetario completo. Las unidades monetarias eran: El countle equivalía a 400 semillas, el xiquipil tenía el valor de 20 countles (8,000 semillas) y la carga representaba 3 xiquipiles (24,000 semillas). (Internet-04).

El cacao era consumido en una bebida que los aztecas llamaban *xocolatl* (xococ, agrio, atl, agua), y éste se preparaba con cacao puro, agua, miel, y algunos veces, harina de maíz.

Una de las razones que llevó a los españoles a apreciar tanto este alimento fue que, entre sus múltiples cualidades, aumentaba la resistencia del organismo y evitaba las fatigas corporales. (Internet-14).

En México cuando se piensa en cacao lo primero que se viene en mente es Tabasco, ya que es el estado con mayor producción de este fruto en el país. La producción nacional de cacao en el periodo de 1997-2007 es de 40,935 Ton promedio. A nivel nacional, los tres estados productores de cacao son: Tabasco, 70.3 % de la producción total, Chiapas, 29 % y Guerrero, 1 %. (Internet-04).

## **2.1. CACAO**

El cacao es una fruta tropical con la que se produce el chocolate (Internet-05). El cacao se obtiene de las semillas del fruto de este árbol.

El árbol de cacao puede llegar a tener por lo menos 150 años de edad, pero alcanza su máximo rendimiento entre los 10 y 23 años. El rendimiento por hectárea depende de la región en la cual se cultiva, variedad y años del árbol, y esta varía entre 200 y 600 Kg de granos secos. Se han reportado cosechas de hasta 2,500 Kg/Ha.

El cacao crece en pequeños racimos de flores blanco/rosa directamente del tronco y de las ramas más gruesas. Mediante la emisión de un olor que atrae las moscas carroñeras provocando la polinización (Alander *et al*, 2007).

La fruta tiene una largo de 10-32 cm de longitud (vaina), y se desarrolla durante 4-5 meses, dependiendo de la variedad. En el fruto maduro los granos se encuentran en una pulpa rosa y contienen aproximadamente 55% de grasa. El árbol contiene 30-50 vainas, y cada una contiene de 40-50 granos en cinco filas. Los granos pueden cambiar de color rosa o blanco a rojo oscuro. El fruto de cacao maduro se corta cuidadosamente del tallo con un machete (Alander *et al*, 2007).

Los árboles de cacao tienen dos floraciones por año, la más grande se da en junio y julio y la pequeña durante los meses de septiembre y octubre. El período de maduración del fruto se desarrolla entre los cuatro y los seis meses dependiendo de la altura sobre el nivel del mar y la temperatura. La primera cosecha es de los meses de octubre, noviembre y diciembre, mientras que la segunda es durante marzo y abril.

Los arboles de cacao requieren clima tropical con temperatura de 27-30°C, una humedad de 90-100 % y de 1,700-3,000 mm de lluvia anual. Por esta razón las plantaciones son localizadas alrededor de Ecuador, es decir en Centro América, África y el lejano Oriente. El más grande productor de granos de cacao es hoy en día Costa de Marfil (Alander *et al*, 2007).

## **2.2. FERMENTACIÓN DEL GRANO**

Los granos son fermentados para desarrollar el sabor característico del cacao. Esto es logrado tradicionalmente mediante la colocación de los granos húmedos en paquetes de hojas de plátano, las cuales se dejan secar al sol. Durante la fermentación, el azúcar en la pulpa de la fruta alrededor del grano de las vainas se convierte vía alcohol en ácido acético. Las hojas de plátano son usadas para que el jugo liberado pueda drenar y para permitir el acceso del aire, y también sirven como protección contra las lluvias y mantener una temperatura constante para permitir que los microorganismos actúen (Alander *et al*, 2007).

Otro método de fermentación es colocar los granos dentro de cajones de madera, en donde la temperatura de fermentación debe ser de 40-50°C. Las altas temperaturas ayudan al cacao a desarrollar mejor su sabor. La fermentación no solo produce cambios de sabor en los granos, sino que también cambios de aspecto y aroma, los granos son convertidos en marrón y son porosos. El agua contenida en los granos es de aproximadamente 60%, la cual se reduce al 7%, y evitando así el desarrollo de mohos o un incremento del contenido de ácidos grasos libres (Alander *et al*, 2007).

## **2.3. PRENSADO**

Aproximadamente el 80% de licor de cacao es obtenido de los granos, el residuo es humedad, cáscaras e impurezas. Después del prensado, los rendimientos de licor son de 50% de manteca de cacao y 50% de pasta o polvo (Alander *et al*, 2007).



Figura 2. Elaboración del Chocolate. (Internet-15).

## 2.4. GRASAS DEL CHOCOLATE

La grasa es considerada una tercera parte del contenido del chocolate. Así la grasa es de gran importancia para la calidad del chocolate, ya que influye en las condiciones de procesamiento como el temple y enfriamiento. El tipo de grasa también hace una gran diferencia para el consumidor, ya que este tiene un gran impacto en las cualidades del producto final, incluyendo el comportamiento de fusión, cristalización de la grasa, la liberación de sabor y la consistencia. (Alander *et al*, 2007).

La cristalización de la grasa dependerá del tipo de cristal formado, y puede llegar a requerir temperado y los equipos utilizados en la producción de chocolate serán diferentes.

La elaboración de sustitutos y reemplazantes de manteca de cacao reduce costos de elaboración, disminuyendo algunos procesos en su fabricación como conchado y atemperado. Este tipo de grasas es de bajo costo y fáciles de elaborar. (Internet-06)

Finalmente, la elección de las grasas en los productos de confitería es crucial para su vida útil. Factores como el brillo de la grasa y la migración de grasa en la composición de los productos son muy influenciados por la grasa o la combinación de las grasas utilizadas en el producto. (Alander *et al*, 2007).

La concentración aproximada de los ácidos grasos en la manteca de cacao es de 38.1% de ácido oleico, 35.4% de esteárico y 24.4% de palmítico; y algo de ácido linoleico, alrededor del 2%. Su punto de fusión aumenta con el número y longitud de los ácidos grasos saturados, disminuyendo con la presencia de insaturaciones (mayor número de insaturaciones = menor punto de fusión) (Internet-06).

La principal razón en reemplazar parte de manteca de cacao con grasas vegetales en el chocolate es el ahorro de costos, maquinaria necesaria y no requiere temperarse. La manteca de cacao tiene un precio alto que también está expuesto a un considerable grado de volatilidad, comparado con la mayoría de las grasa vegetales. (Alander *et al*, 2007).

Cuadro 5. Comparación de los estándares del chocolate en EU y UE.

Denominación de venta	Ingredientes	Unión Europea	Estados Unidos
Chocolate	Cacao	Mínimo 35 % de sólidos de cacao. Mínimo 18 % de manteca de cacao	Mínimo 15 % licor de cacao
	Leche		Máximo 12 % sólidos de leche
	Grasa vegetal	Máximo 5 %	No permitido
Leche de chocolate	Cacao	Mínimo 25 % de sólidos de cacao	Mínimo 10 % licor de cacao
	Leche	Mínimo 14 % de sólidos de leche	Mínimo 12 % sólidos de leche
		Mínimo 3.5 % grasa de leche	Mínimo 3.4 % grasa de leche
	Grasa vegetal	Máximo 5 %	No permitido

Fuente: Vegetable oils and fat. (Alander *et al*, 2007).

El chocolate está aún cubierto por normas de alimentos en muchos países. En general, éstas definen al chocolate como “Los productos obtenidos de los productos de cacao y azúcar” con una cierta cantidad mínima de cacao. Normas similares para el chocolate con leche muchas veces involucran una mínima cantidad de cacao y sólidos de leche.

El Codex Alimenticio establece el uso de hasta el 5% de grasa vegetal sin restricciones del uso de materias primas o métodos de elaboración.

#### **2.4.1. CODEX STAN 87-1981 NORMA PARA EL CHOCOLATE:**

*La adición de grasas vegetales distintas de la manteca de cacao no deberá exceder del 5% del producto terminado, tras deducir el peso total de cualquier otro producto alimenticio comestible añadido, sin reducir el contenido mínimo de las materias de cacao. Cuando así lo exijan las autoridades competentes, la naturaleza de las grasas vegetales permitidas a dicho fin podrá prescribirse en la legislación aplicable.*

Los productos no comercializados bajo la denominación de chocolate no están normalizados y por lo tanto, el fabricante es libre de usar cualquier tipo y cantidad de ingredientes alimenticios, incluyendo la grasa y contenido de cacao y sólidos de leche. Estos productos suelen denominarse como cubiertas sabor chocolate o recubrimiento compuesto (Alander *et al*, 2007).

## 2.5. TEMPLE DE MANTECA DE CACAO Y SUS EQUIVALENTES

Existen tres clasificaciones generales para las formas cristalinas de las grasas: los cristales alfa ( $\alpha$ ); los cristales beta prima ( $\beta'$ ); y los cristales beta ( $\beta$ ). Aunque también se pueden encontrar cuatro posibles formas cristalinas en base a sus puntos de fusión, las cuales son:

- Gamma ( $\gamma$ ) a 17° C
- Alfa ( $\alpha$ ) a 23° C
- Beta Prima ( $\beta'$ ) de 26-27°C
- Beta ( $\beta$ ) de 34-36°C

El temperado consiste en inducir la formación predominante de la forma cristalina beta ( $\beta$ ), mediante la agitación o mezclado y el manejo preciso de una secuencia de temperaturas de fundición, enfriamiento controlado y re-calentamiento, y que evite la presencia significativa de cristales inestables que deriven en ese defecto de la elaboración del chocolate conocido como florecimiento de la grasa o “fat bloom”. (Alander *et al*, 2007).

El florecimiento da un aspecto blancuzco o grisáceo en la superficie del producto, además de la falta de contracción para el desmoldado y buenas características de quebrado del producto. Las temperaturas requeridas para este proceso variarán dependiendo del equipo utilizado para realizar el templado y de la composición de la fase grasa del chocolate (Internet-10).

El bloom es un problema que se presenta frecuentemente en el chocolate, ya que su principal componente, la grasa, puede cristalizar en diferentes arreglos moleculares, conocidos como polimorfismo. El bloom en la grasa es un proceso de re-cristalización y es causado por malas condiciones de proceso o por condiciones de temperatura por encima de 27°C y humedad relativa mayor a 60 % (Montoya, 2003).

## 2.6. SUSTITUTOS DEL CACAO

Los compuestos y recubrimientos basados en sustitutos de manteca de cacao son muy usados en la industria del chocolate y en la industria panadera. Similarmente a CBR (Reemplazantes de manteca de cacao), las CBS (Sustitutos de manteca de cacao) no necesitan atemperado, ya que cristalizan espontáneamente en la forma beta-prima y que es prácticamente estable (Alander *et al*, 2007).

### 2.6.1. COMPOSICIÓN DE LOS CBS

Los CBS están basados en grasa láuricas, es decir, grasas que contienen un alto porcentaje de ácido láurico en su composición de ácidos grasos. Las principales materias primas en este grupo son aceite de coco y aceite de semilla de palma (palmiste). La semilla de palma es la preferida para la fabricación de CBS. La elaboración de CBS implica hidrogenación especial, técnicas de fraccionamiento o interesterificación.

El ácido láurico (C12) compone el 50 % de la composición de los ácidos grasos, y con ácido mirístico (C14) como el segundo más abundante de los CBS. Además, están presentes pequeñas cantidades de palmítico de cadena larga y ácidos esteáricos. El compuesto triaesterato de sorbitan (STS) puedes algunas veces ser adicionado a los CBS para ayudar a mejorar la estabilidad de los cristales beta-prima. Tal adición de STS mejora el brillo inicial y también la retención de dicho brillo, mejorando la cristalización y evita el fat bloom. (Alander *et al*, 2007).

Cuadro 6. Ácidos grasos más abundantes en la manteca de cacao, CBR y CBS.

	MANTECA DE CACAO	SUSTITUTO DE MANTECA DE CACAO (CBS)	REEMPLAZANTES DE MANTECA DE CACAO (CBR)
Ácido esteárico (AGS)	✓	✓	✓
Ácido palmítico (AGS)	✓	✓	✓
Ácido Láurico (AGS)		✓	
Ácido mirístico (AGS)		✓	
Ácido oleico (AGMI)	✓		✓
Ácido linoleico (AGPI)	✓		

Fuente: Vegetable oils and fat. (Alander *et al*, 2007).

## 2.6.2. PROPIEDADES DE LOS CBS

En gran medida, el uso de los CBS como alternativa en la elaboración del chocolate es por los mismos motivos que el uso de los CBR (Reemplazantes de la manteca de cacao): menor costo y simplificación de procesos de producción. Un CBS no necesita temple. (Alander *et al*, 2007)

Los compuestos basados en CBS generalmente tienen mejor propiedades de fusión que las CBR, y casi a la par con el chocolate. Sin embargo, éste no es compatible con la manteca de cacao. (Internet-06).

Las grasas con un alto contenido de ácidos grasos de cadena corta tienen menor viscosidad que las grasas basadas en ácidos grasos de cadena larga. Esto significa que en un determinado contenido de grasa y un sistema fijo de emulsificante, los compuestos CBS tienen menor viscosidad que las CBR de revestimiento y chocolate. Así como el grado de insaturaciones; la viscosidad disminuye ligeramente a medida de que aumentan el grado de insaturación, al igual que la concentración de ácidos grasos en la formulación de la cobertura. (Alander *et al*, 2007).

## 3. SECADO

Las frutas frescas son consideradas como altamente perecederas, ya que contienen aproximadamente un 80% de humedad. En consecuencia, su transporte a lugares distantes es costoso. La mejor manera de mantener el valor nutricional de las frutas es mantener los productos frescos. Sin embargo, la mayoría de los métodos de almacenamiento requieren bajas temperaturas, lo que es difícil de mantener durante su venta (Walkira, 2010).

Desde el punto de vista biológico, los plátanos son una de las frutas que presenta mayores pérdidas por descomposición después del cultivo debido a que son extremadamente perecederos y no permiten el uso de congelación para su conservación (Hatem *et al*, 2010).

El congelamiento, produce la formación de cristales de hielo que destruyen los tejidos vegetales, los síntomas de este daño se observan cuando el producto retoma la temperatura ambiente. En el caso de la banana se presenta como un ennegrecimiento general de la cáscara o el insuficiente sabor y aroma. La magnitud del daño por frío depende de la severidad de la temperatura a que fuera expuesta y la duración de la mis-

ma. En general, los frutos inmaduros son más susceptibles que los maduros (Internet-07).

El secado o deshidratación de los alimentos es una de las operaciones unitarias más utilizadas en la conservación de los mismos, pues permite obtener productos alimenticios con un tiempo de vida útil superior. En los procesos de deshidratación el agua del alimentos es eliminada, en mayor o menor grado, y se evitan daños microbiológicos, además de retardar muchas reacciones químicas indeseables; también se logran disminuir los costos de envasado, manejo, almacenado y transporte, ya que se disminuye el peso del alimentos y el volumen (Ibaiz y Barbosa, 2005).

Las frutas secas son fáciles de manejar y pueden ser fácilmente incorporadas en formulaciones alimenticias y su preparación. Los frutos secos se pueden comer como una botana o añadidos a los cereales, bollos o helados (Taiwo y Adeyemi, 2009).

Tradicionalmente, los frutos se secan al sol en forma de rodajas, pero esto conlleva cambios no deseados en la calidad del producto seco en sus propiedades sensoriales. Por lo que se recomienda un pre-tratamiento, tales como el escaldado, sulfitado, o inmersión en sacarosa o cloruro de sodio (Taiwo y Adeyemi, 2009).

### **3.1. CURVA DE SECADO**

La velocidad de secado no es uniforme. A una temperatura constante se observa que la deshidratación con respecto al tiempo es muy rápida en sus primeros momentos, pero después es muy lento (Rodiles, 2009).

El agua se encuentra en los alimentos especialmente en dos formas, como agua enlazada o como agua libre o disponible. El agua enlazada incluye moléculas de agua unidas en forma química, o a través de puentes de hidrógeno a grupos iónicos polares, mientras que el agua libre es la que ni está físicamente unida a la matriz del alimento y se puede congelar o perder fácilmente por evaporación o secado (Velásquez, 2006).

Esto implica que llegar a la humedad cero en un alimento es muy difícil y exponencialmente costosa. La gran mayoría de los alimentos deshidratados no padecen de problemas microbiológicos cuando su humedad final está alrededor del 5%.

En la siguiente figura se presenta la curva de secado normal en un alimento.



Figura 3. Etapas de Secado en un Sólido.

En una curva de secado se aprecian dos partes notorias de la misma, una es donde la etapa de secado es constante, y una de caída; pero teóricamente existen tres etapas:

- 1) Etapa A-B.- Ésta es una etapa de adaptación y calentamiento del material sólido a secar, desde la temperatura ambiente hasta que se alcanza el equilibrio entre el enfriamiento por evaporación y la absorción de calor de los gases; es una etapa corta y no existe deshidratación significativa aún.
- 2) Etapa B-C.- Ésta es la primera etapa de deshidratación. Se lleva a cabo con un flujo de corriente de calor constante y se elimina la mayoría del agua superficial. La temperatura del sólido es igual a la del gas. La velocidad del secado es constante.
- 3) Etapa C-E.- Ésta es la segunda etapa de secado o de caída donde la pérdida de humedad se reduce, y la velocidad de secado decrece; se evapora la humedad ligada del material y predominan las condiciones internas o las características internas y externas simultáneamente. En estas condiciones el sólido tiene un comportamiento higroscópico. (Internet-16).

### 3.2. MÉTODOS DE SECADO

Las frutas pueden ser secadas usando equipos industriales, hornos o energía solar. El secado industrial puede ser en lotes: secadores de horno, torre y gabinete; o seca-

dos continuos: túnel, cinturón, correa-parabólicas, lecho fluidizado, espuma de colchón, tambor y microondas; y la deshidratación sub-atmosférica: liofilización (Wakjira 2010).

### **3.2.1. SECADO AL SOL**

El secado al sol (secado al aire libre) es el método más antiguo de secado de alimentos y todavía está en uso en muchas partes del mundo. Durante miles de años la gente seca al sol los frutos para conservarlos por un periodo de tiempo mayor, ya que es la fuente de calor más barata.

El secado al sol es muy barato, ya que tiene poco o ningún costo de equipo. Sin embargo, los principales problemas para el secado al sol son el polvo, la lluvia y los días nublados. El producto seco es a menudo de mala calidad, como resultado de la suciedad y falta de higiene del proceso, así como la presencia de microorganismos e insectos (Wakjira, 2010).

### **3.2.2. SECADO CON EQUIPO SOLAR**

Al igual que el secado al sol, el secado con equipo solar también se utiliza el sol como fuente de energía. Por lo tanto, se refiere a métodos de uso de energía solar para el secado, pero excluyendo al aire libre.

El secado solar es más eficaz que el secado al sol, y tiene menores costos de operación que el secado mecánico. El secado solar tiene las siguientes ventajas sobre el secado al sol: en primer lugar, el producto está protegido de la lluvia, insectos, animales y polvo que pueden alterar la calidad del producto seco; en segundo lugar, una tasa más rápida de secado reduce la posibilidad de crecimiento de mohos; y por último, el secado completo es posible debido al aumento de temperatura de secado y esto puede permitir que la vida útil sea mucho más larga (Wakjira, 2010).

### **3.2.3. SECADO MECANIZADO**

En las regiones industrializadas, el secado al aire libre ha sido sustituido en gran medida por el secado mecanizado, y en el que se utilizan calderas para calentar el aire entrante y ventiladores para acelerar el secado del producto. El secado mecanizado es más rápido que el secado al aire libre y el secado con energía solar, y se obtienen productos de mejor calidad. Sin embargo el equipo es costoso y requiere una importante cantidad de combustible o electricidad para funcionar (Walkira, 2010).

### 3.3. CONSIDERACIONES DE SECADO

El proceso de secado depende de una serie de factores, tales como:

Sistema de Calor.- La transmisión de calor puede ser por convección, conducción, o radiación. Esto implica que existan una gran variedad de equipos industriales para realizar el proceso de secado. (Rodiles, 2009).

Área de Superficie.- Es preferible subdividir el alimento en piezas pequeñas o capas delgadas para acelerar la transmisión de calor y reducir el tiempo de secado. Es más fácil transmitir calor a un cuerpo pequeño que a uno grande y la remoción de la humedad también se acelera.

Temperatura.- Entre mayor es la temperatura, más rápido se eliminará el agua. Sin embargo, también crece la posibilidad de daño a las propiedades nutritivas y sensoriales del alimento. Se deben hacer estudios para definir la mejor temperatura para mantener las mejores propiedades en el alimento.

Presión.- El agua a presión atmosférica hierve a 100°C. Al bajar la presión, el agua hierve a una temperatura menor. Estas son conocidas como presiones de vacío, y es importante notar que al utilizar una temperatura menor, el daño en el alimento será menor. Este principio fisicoquímico es muy usado para la producción de jugos o sopas evaporadas. También se usa para secar aquellos productos que son muy sensibles al calor. Un ejemplo son los procesos de liofilización que utilizan presiones de vacío y bajas temperaturas y con ellos se obtienen productos de muy alta calidad nutricional y sensorial.

Tiempo.- Es muy importante determinar el tiempo óptimo de secado, el cual depende directamente de la temperatura y presión del sistema. Al aumentar la temperatura o bajar la presión disminuye el tiempo de secado, sin embargo, los nutrientes del alimento son más fácilmente dañados. Debe encontrarse un tiempo óptimo de secado en función a la velocidad de la misma y la calidad del alimento. Al igual que en la pasteurización, los alimentos se ven menos dañados cuando se usan altas temperaturas y cortos tiempos que cuando se usan largos tiempos y bajas temperaturas.

Tipo de Alimento.- Cada alimento tiene un propio comportamiento al ser secado. Las condiciones de secado, temperatura y presión, nunca son las mismas. Dos alimentos

pueden tener el mismo contenido de humedad inicial, pero sus componentes son muy diferentes, es decir, su estructura celular es diferente. (Rodiles, 2009).

### **3.4. CALIDAD DEL PRODUCTO SECO**

La calidad del producto seco puede ser afectada tanto por el método de secado como por los cambios físico-químicos de los tejidos durante el curso del secado. El método de desecación afecta directamente las propiedades del producto tales como color, textura, densidad, porosidad y las características de absorción. (Marín *et al*, 2006)

Las frutas son consideradas seguras para secar debido a su alto nivel de azúcar y acidez. Sin embargo, el secado de frutas puede tener efectos adversos, tales como cambios físicos que incluyen el colapso de la pared celular y contracción que afectan directamente a la textura, deformaciones debido al aumento de temperatura de secado, cambios en las propiedades organolépticas, incluidas los colores resultantes de las reacciones enzimáticas y degradación de pigmentos, una pérdida limitada de compuestos aromáticos y la pérdida de vitaminas. (Hattem *et al*, 2010).

La prolongación de los tiempos de secado aumenta la contracción y la resistencia, reduce la densidad aparente y la capacidad de rehidratación del producto seco y daña seriamente el sabor, color y los nutrientes (Wakjira, 2010).

El tiempo de secado depende de varias variables, tales como tamaño y forma de la fruta, temperatura, humedad, velocidad y dirección del aire; y la forma en que la fruta está soportada durante el secado (Stella *et al*, 2004).

### **3.5. RE-HIDRATACIÓN DEL PRODUCTO SECO**

La rehidratación de los alimentos secos es un proceso complejo influenciado por varios factores, tales como la composición química de los productos, técnica de secado, condiciones de proceso, medio de inmersión, temperatura, etc. (Taiwo y Adeyemi, 2009).

Dentro de los medios de rehidratación más utilizados en alimentos se encuentra la inmersión directa en agua, como la más simple, o bien en soluciones azucaradas (glucosa, sacarosa, trehalosa), leche, yogur, jugos de frutas y verduras, entre otras; donde los períodos de inmersión deben ser breves, y para que estos medios de rehidratación ayuden a conseguir un producto de características similares al producto fresco (Marín *et al*, 2006).

En cuanto a la transferencia de materia ocurrida durante la rehidratación, se puede mencionar que el agua (o solución hidratante) es absorbida más rápidamente al inicio del proceso y luego disminuye gradualmente, hasta que el contenido de humedad alcanza un equilibrio, es decir, que todos los espacios inter o intracelulares queden saturados con agua o con la solución hidratante. La absorción de agua por parte de los tejidos del alimento deshidratado aumenta sucesivamente el volumen del mismo, junto con una salida de los sólidos desde el interior de estos tejidos (Marín *et al*, 2006).

En el fenómeno de la rehidratación existen tres procesos simultáneos:

- a) La absorción de agua dentro del material deshidratado.
- b) La lixiviación de solutos.
- c) El hinchamiento del material, donde el cambio de volumen del producto deshidratado es proporcional a las cantidad de agua absorbida, aumentado o recuperando su tamaño y volumen inicial (Marín *et al*, 2006).

### **3.6. ACTIVIDAD DE AGUA**

La actividad acuosa, Actividad de agua ( $A_w$ ), se define como la relación que existe entre la presión de vapor del alimento en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura, y se mide de 0 a 1, siendo el valor de 1 el del agua pura (Internet-08).

La actividad de agua describe la situación de energía del agua o el grado en que está “atada” en un producto alimenticio y, por lo tanto, su habilidad de actuar como solvente y participar en reacciones químicas y bioquímicas y en el crecimiento microbiano. Cuando se deshidrata un alimento, por ejemplo, no sólo se disminuye su contenido de agua sino que se disminuye la disponibilidad de esta agua. En este caso, disponibilidad se refiere a que, aunque un alimento posea una cantidad de agua, ésta puede no estar disponible para reacciones bioquímicas o microbiológicas (Internet-08).

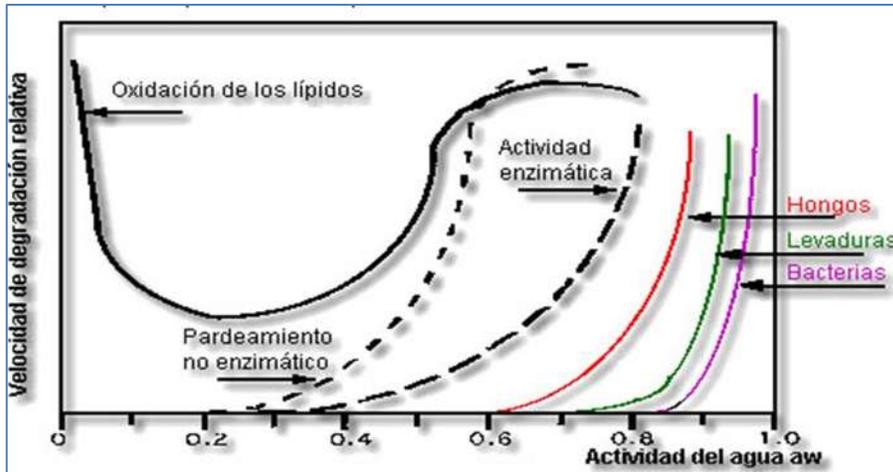


Figura 4. Gráfica de Actividad de Agua.

La actividad de agua, junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos alimenticios (Badui, 1993).

La actividad de agua predice la estabilidad de los alimentos con respecto a sus propiedades físicas, la velocidad de las reacciones de deterioro y el crecimiento microbiano, influenciando la vida de anaquel, el color, olor, sabor y consistencia de los mismos. Con la determinación de la actividad del agua de los alimentos es posible predecir qué microorganismos pueden causar deterioro y enfermedades, por lo que se considera una importante propiedad desde el punto de vista de inocuidad alimentaria.

El control de la Aw es también una forma importante de mantener la estabilidad química de los alimentos; ejerce un fuerte efecto sobre las reacciones de oscurecimiento no enzimático y las de oxidación de lípidos auto catalítica (Internet-08).

Debido a que hongos, levaduras y bacterias requieren cierta cantidad de agua disponible para crecer, al igual que muchas reacciones químicas y bioquímicas para ocurrir, su desarrollo puede limitarse con la reducción de esta agua. Una forma de lograr este objetivo es a través de los procesos térmicos severos, los cuales usan además las propiedades letales del calor, mientras que procesos como la deshidratación o la liofilización trabajan sólo por disminución de la Aw (Internet-08).

Cuadro 7. Valores de Actividad de Agua Mínima para el Crecimiento Microbiano.

MICROORGANISMO	MÍNIMA	MICROORGANISMO	MÍNIMA
Mayoría de bacterias dañinas	0.91	<i>Salmonella</i>	0.95
Mayoría de levaduras dañinas	0.88	<i>Clostridium botulinum</i>	0.95

Mayoría de hongo dañinos	0.80	<i>Escherichia coli</i>	0.96
Baterías halófilas	0.75	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86
Levaduras osmóticas	0.60	<i>Bacillus subtilis</i>	0.95

Fuente: Química de los Alimentos (Badui, 1993).

## 4. VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias orgánicas presentes en cantidades muy pequeñas en los alimentos, pero necesarias para el metabolismo y la salud (FAO, 2012).

Las deficiencias de estos micronutrientes dan lugar a síntomas clínicos específicos; y acompañan la malnutrición general o se manifiestan durante la enfermedad. Existen dos tipos de vitaminas: liposolubles e hidrosolubles. Las primeras incluyen a la A, D, E y K, y las hidrosolubles son las vitaminas del complejo B, folatos, biotina y vitamina C (Baynes y Dominiczak, 2007).

### 4.1. VITAMINAS LIPOSOLUBLES

Las vitaminas liposolubles no se absorben o se extraen de la dieta tan fácilmente como las vitaminas hidrosolubles, así mismo, se tienden a almacenar en los tejidos celulares (Baynes y Dominiczak, 2007).

#### 4.1.1. VITAMINA A

El retinol es la forma principal de vitamina A en las dietas humanas. Esta es soluble en grasa, pero insoluble en agua, y se encuentra únicamente en productos animales. Existen otras formas de vitamina A, pero tienen configuraciones moleculares algo distintas y menos actividad biológica que el retinol y no son importantes en las dietas humanas.

Los carotenos actúan como provitaminas o precursores de la vitamina A. Hay diversos tipos de carotenos. Uno de ellos, el beta-caroteno, es la fuente más importante de vitamina A en las dietas de la mayoría de las personas que viven en países no industrializados. Los otros carotenos, o carotenoides, tienen poca o ninguna importancia para los seres humanos (Latham, FAO, 2002)

En el ojo, la vitamina A, es un importante componente de la púrpura visual de la retina, según varios estudios, una cantidad adecuada de vitamina A reduce la mortalidad en bebés y en niños de ciertas poblaciones. El suplemento de vitamina A reduce las

muertes en los casos de sarampión, y en otras enfermedades como diarreas e infecciones respiratorias (Latham, FAO, 2002).

La carencia provoca una resequedad patológica del ojo, que puede llevar a la xerofalmía y algunas veces a la queratomalacia y a la ceguera. También pueden sufrir otros tejidos epiteliales y en la piel no es rara la queratosis folicular (Latham, FAO, 2002)

La FAO y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan el consumo de 750  $\mu\text{g}$  de retinol por día para adultos; las madres lactantes necesitan 50 por ciento más, y los niños y bebés cantidades menores. Se debe tener en cuenta que estas cifras se basan en dietas mixtas que contienen vitamina A y caroteno. Cuando la dieta es en su totalidad de origen vegetal, se sugieren cantidades mayores de caroteno, debido a que la conversión del caroteno a retinol no es muy eficaz (Latham, FAO, 2002). La ingesta diaria sugerida (IDS) es de 568  $\mu\text{g}$  equivalentes de retinol (NOM-051-SCFI/SSA1-2010).

La vitamina A se encuentra tan sólo en productos animales; las principales fuentes son mantequilla, huevos, leche y carne (sobre todo hígado) y algunos pescados. Sin embargo, la mayoría de las personas en los países en desarrollo dependen principalmente del beta-caroteno para su suministro de vitamina A; y el cual se encuentra en muchos productos vegetales. Las hojas verde oscuro, como las de amaranto, espinacas, batata y yuca son fuentes mucho más ricas que las hojas de color más pálido, como las de lechuga y repollo. Varias frutas pigmentadas y hortalizas, como mangos, papayas y tomates, contienen cantidades útiles. El caroteno también se encuentra en las variedades amarillas de patatas y en las hortalizas amarillas como la calabaza. Las zanahorias son fuentes ricas. El maíz amarillo es el único cereal que contiene caroteno (Latham, FAO, 2002).

#### **4.1.2. VITAMINA D**

La vitamina D (calciferol) es una vitamina soluble en grasa que ésta presente naturalmente en pocos alimentos.

La vitamina D se asocia con la prevención del raquitismo y su homólogo en el adulto la osteomalacia o ablandamiento de los huesos. Ciertos compuestos, todos esteroides íntimamente relacionados con el colesterol, poseen propiedades antirraquíticas. Se descubrió que ciertos esteroides que no tenían estas propiedades pasaban a ser antirraquíticos al exponerlos a la luz ultravioleta.

Los dos esteroides importantes activos son la vitamina D<sub>2</sub> (ergocalciferol) y la vitamina D<sub>3</sub> (colecalfiferol). En los seres humanos, cuando la piel está expuesta a los rayos ultravioleta de la luz solar, se activa un compuesto esteroide para formar vitamina D, que entonces queda disponible para el cuerpo y que tiene exactamente la misma función que la vitamina D consumida en los alimentos. En éstos la vitamina D sólo se absorbe en el intestino en presencia de la bilis.

La función de la vitamina D en el cuerpo es permitir la absorción adecuada del calcio. La vitamina D que se forma en la piel o que se absorbe de los alimentos actúa como una hormona e influye el metabolismo del calcio. El raquitismo y la osteomalacia, enfermedades en las que hay carencia de calcio en ciertos tejidos, no se deben a la carencia de calcio en la dieta sino a la falta de vitamina D que permita la correcta utilización del calcio de los alimentos (Latham, FAO, 2002).

La vitamina D con frecuencia se expresa en unidades internacionales: 1 UI equivale a 0.025 µg de colecalfiferol. La cantidad de vitamina calciferol es de 400-600 IU por día (Illena *et al*, 2000). El IDS es de 5.6 µg como colecalfiferol (NOM-051-SCFI/SSA1-2010).

La vitamina D se encuentra de modo natural sólo en la grasa de ciertos productos animales. Los huevos, el queso, la leche y la mantequilla, son buenas fuentes en dietas normales. La carne y el pescado contribuyen en cantidades pequeñas. Los aceites de hígado de pescado son muy ricos. Los cereales, hortalizas y frutas no tienen vitamina D (Latham, FAO, 2002).

#### **4.1.3. VITAMINA E**

En la naturaleza se dan cuatro tocoferoles y cuatro tocotrienoles. El alfa-tocoferol tiene la mayor actividad biológica y es la forma de vitamina E más ampliamente disponible en los alimentos (Márquez *et al*, 2002).

Esta vitamina es un antioxidante y por su capacidad para limitar la oxidación y para manejar los radicales libres nocivos, algunas veces se aconseja como posible factor preventivo para la arteriosclerosis y el cáncer. Su presencia en los aceites ayuda también a evitar la oxidación de los ácidos grasos no saturados (Latham, FAO, 2002)

Las principales fuentes de vitamina E son los aceites vegetales tales como maíz y soya, así como el germen de trigo y la margarina. Los productos animales no son buena fuente de vitamina E (Márquez *et al*, 2002).

Los requerimientos de vitamina E se incrementan con un alto consumo de ácidos grasos poliinsaturados (AGP), con los cuales debe mantener un índice mayor de 0.4 mg de alfa tocoferol por g de AGP consumido en la dieta. 1 mg de la forma sintética de acetato de alfa-tocoferol es equivalente a 1 Unidad Internacional (UI) de vitamina E y 1 mg de la forma natural de alfa-tocoferol equivale a 1.49 UI (Márquez *et al*, 2002). El IDS es de 11 mg equivalentes a tocoferol (NOM-051 –SCFI/SSA1-2010).

#### **4.1.4. VITAMINA K**

La vitamina K es esencial para la coagulación normal de la sangre; sin la vitamina K, el hígado es incapaz de sintetizar la protrombina, la cual es el precursor de la enzima trombina que coagula la sangre. (Latham, FAO, 2002)

La vitamina K está presente en la mayor parte de los alimentos, pero las hortalizas verdes y hojosas constituyen las mejores fuentes. La síntesis bacteriana en los intestinos proporciona a los seres humanos vitamina K, además de la que se obtiene de los alimentos (Fox y Cameron, 2006).

El IDS es de 78 µg (NOM-051-SCFI/SSA1-2010).

### **4.2. VITAMINAS HIDROSOLUBLES**

El grupo de vitaminas solubles en agua o hidrosolubles está formado principalmente por el llamado complejo B, que incluye varias vitaminas, y la vitamina C. El cuerpo es incapaz de almacenar dichas vitaminas y si la dieta contiene más de lo requerido, el exceso es excretado por la orina (Fox y Cameron, 2006).

#### **4.2.1. VITAMINA C**

Esta es el ácido ascórbico y es una sustancia que el calor excesivo la destruye, sobre todo cuando se encuentra en una solución alcalina. Este es un agente antioxidante y reductor poderoso, y por lo tanto puede reducir la acción perjudicial de los radicales libres (Latham, FAO, 2002)

El ácido ascórbico es necesario para la formación y mantenimiento adecuados del material intercelular, sobre todo del colágeno.

En una persona que tiene carencia de ácido ascórbico, las células endoteliales de los capilares carecen de solidez normal, y son, por lo tanto, frágiles y se presentan hemorragias. De modo semejante, la dentina de los dientes y el tejido óseo de los huesos no se forman bien. Además, esta propiedad de fijación celular explica la cicatrización pobre

y la lentitud en el proceso de curación de las heridas que se ve en personas con carencia de ácido ascórbico (Latham, FAO, 2002).

Las principales fuentes de vitamina C en la mayoría de las dietas son las frutas, las hortalizas y diversos tipos de hojas. Los plátanos y los bananos son el único alimento básico que contiene porciones adecuadas de vitamina C. Las hojas verdes de color oscuro, como el amaranto y la espinaca contienen mucha más vitamina C que las hojas pálidas como el repollo y la lechuga (Latham, FAO, 2002).

La IDR es de 60 mg (Ácido ascórbico) (NOM-051-SCFI/SSA1-2010).

## **5. BOTANAS**

Los productos de aperitivo o snack son un tipo de alimento que no es considerado como uno de los alimentos principales del día (desayuno, almuerzo, comida, merienda o cena). Generalmente se utilizan para satisfacer el hambre temporalmente, proporcionando una mínima cantidad de nutrientes para el cuerpo, o simplemente por placer. Estos alimentos están hechos para ser menos perecederos o más apetecibles que los alimentos naturales (Internet-09).

Los aperitivos, o botanas, con frecuencia reciben críticas debido a sus altos niveles de sal, azúcar y grasas. Estos se consideran nutricionalmente dañinos cuando se consumen regularmente en lugar de una comida tradicional. Sin embargo las botanas pueden ser nutritivas cuando se realizan a partir de frutas, legumbres o cereales. También hay que mencionar que el consumo de snacks no conduce necesariamente a problemas de salud como la obesidad; la causa es una dieta desequilibrada, con exceso de grasa, azúcar y sal. (Fellows P. y Hampton A., FAO, 1992).

La industria de los snacks es muy variable debido en parte a los cambios en los estilos de vida de los consumidores. Es por ello que constantemente se tiene que estar innovando en la producción de nuevos snacks, jugando un papel muy importante los ingredientes utilizados para su elaboración, que deben proporcionar características nutricionales y sensoriales adecuadas para el mercado actual. Muchas veces estos produc-

tos son percibidos por el consumidor como comida basura, poco saludable. Esta situación hace que el sector se vea obligado a evolucionar de forma que las empresas están reorientando su producción, basándose en la innovación y el desarrollo de productos más saludables que cambien la percepción del consumidor respecto a este tipo de productos (Internet-09).

## II. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, se genera una gran innovación de productos alimenticios debido a la competencia industrial en el mercado, involucrando diferentes factores de costos, salud y calidad. Generando productos, más baratos, con un beneficio a la salud y que puedan competir en el mercado con productos vigentes. Por lo que en esta tesis se propone realizar una botana de plátano deshidratado recubierto con un sustituto de cacao, el cual abarate los costos de producción del producto final, sin involucrar cambios significativos tanto en el sabor como en su valor nutricional, y adicionando vitaminas al producto para generar un mayor beneficio basándonos en las Normas Nacionales Mexicanas.

Esto se llevó a cabo utilizando plátano y sustitutos de manteca de cacao, para la elaboración de la botana final, empleando un método de secado solar como método de conservación. Además, el producto terminado está fortificado con vitaminas, y aportando beneficios, tanto para la industria como para el consumidor, siendo un alimento apto para cualquier edad de la población.

### **III. HIPÓTESIS**

Mediante el proceso de deshidratación solar del plátano variedad *Roatán* y la utilización de un sustituto de manteca de cacao adicionado con vitaminas liposolubles e hidrosolubles se obtendrá una botana de plátano nutritiva e innovadora con características sensoriales adecuadas, y generando una presentación adecuada para consumo, basándonos en las kilo calorías de dicho producto.

## **IV. OBJETIVOS**

### **1. OBJETIVO GENERAL**

Elaboración de una botana con rodajas de plátano deshidratado, y recubiertas con un sustituto de cacao y adicionado de vitaminas liposolubles.

### **2. OBJETIVOS PARTICULARES**

- Deshidratación de rodajas de plátano variedad *Roatán* utilizando un equipo de deshidratación solar.
- Elaboración de la botana mediante el recubrimiento de las rodajas deshidratadas empleando cacao en su forma natural y utilizando sustitutos de cacao.
- Adicionar vitaminas al producto final, utilizando como base el sustituto de cacao, y abasteciendo la ingesta diaria recomendada de dichas vitaminas.
- Elaboración de tabla nutricional del producto terminado.
- Determinación de actividad de agua en el producto final.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. MATERIA PRIMA

Se empleó plátano variedad Roatán, adquirido en el Mercado de Abastos de Morelia, Michoacán, México, proveniente del estado Tabasco, el cual se consiguió a un costo de 8 pesos por Kg.

Se utilizaron plátanos en 3 estados de madurez:

- Madurez 3: Cáscara verde alimonado y con un persiste ligero sabor astringente.
- Madurez 5: Cáscara amarilla, fruto suave y dulce, astringencia casi imperceptible.
- Madurez 8: Cáscara amarilla con manchas negras, fruto muy suave y con partes color caramelo.

La materia prima se lavó y fue pelada y cortada con una rebanadora manual obteniendo rodajas de 2-3 mm de espesor. No se utilizó ningún tratamiento previo para evitar el pardeamiento enzimático, ya que en pruebas preliminares no se vio afectado el producto final.

Se utilizó un chocolate comercial “HERSHEY’S Classic”, adquirido en un centro comercial de la ciudad de Morelia, Michoacán. Así mismo, se utilizaron dos Sustituto de Manteca de cacao (CBS) de nombre “CEBES<sup>TM</sup>”: CEBES 30-08 con 0-2 % de ácidos grasos insaturados y 98-100% de saturados, y CEBES LSX 80 con 80% de ácidos grasos saturados y 20% de insaturados; y ambos proporcionados por la empresa trasnacional AAK (Aarhus Karishamn) ubicada en Morelia, empresa especializada en la producción de grasas y aceites comestibles para la manufactura de alimentos.

## 2. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS

### 2.1. DETERMINACIÓN DE °BRIX

Este método se reconoce también como sólidos solubles totales, el cual representa el contenido de sacarosa disuelta en una determinada muestra. Se realizó esta medición para la clasificación del estado de madurez del plátano.

La determinación de °Brix se realizó según el método 932.12 de la AOAC a 20°C y empleando un refractómetro marca Abbe Modelo LR45227.

Esta prueba se realizó a los tres tipos de plátanos basados en su grado de madurez. Los plátanos fueron triturados y colocando una muestra sobre el prisma del refractómetro, previamente calibrado. La medición se realizó por el ocular reportando el resultado en °Brix.

Cuadro 8. Características del plátano acorde a los °Brix.

Características del fruto	Valor (°Brix)	Estado de Madurez*
Fruto con cáscara verde, sabor astringente y consistencia dura	11.5	1
Cáscara verde alimonado con consistencia no tan dura, y persiste sabor astringente ligero.	17.5	3
Cáscara amarilla, fruto suave y dulce, astringencia casi imperceptible.	18.5	5
Cáscara amarilla con manchas negras, fruto muy suave y con partes color caramelo; y éste es muy dulce.	20.0	8

\* Estas características fueron colocadas en las muestras analizadas por Marín, 2008.

Empleando una escala de 1-8, para la caracterización de estado de madurez del plátano.

## 3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Se determinó el contenido de humedad, carbohidratos, fibra, proteína, lípidos y cenizas a los tres estados de madurez del plátano.

### 3.1. HUMEDAD

Se llevó a cabo por el método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC.

### **3.2. PROTEÍNA**

Se efectuó mediante el método de Kjeldhal de acuerdo a la técnica 955.04/90 de la AOAC. Se determinó la cantidad de nitrógeno en la muestra para luego ser transformada a través de un factor en proteína, que para el caso de esta fruta fue de 6.25.

### **3.3. EXTRACTO ETÉREO**

El ensayo se realizó según la NMX-F-089-S-1978 Determinación de Extracto Etéreo (Método Soxhlet) en Alimentos; el cual consistió en la extracción de grasas por medio de éter etílico, utilizando calor y manteniendo en reflujo constante durante un lapso de 4-6 horas.

### **3.4. CENIZAS**

Se realizó siguiendo el método 942.05 de la AOAC.

La muestra se secó previamente entre 105-110°C y posteriormente fue calcinada a una temperatura de 550°C hasta la obtención de cenizas completamente grises.

### **3.5. FIBRA DIETÉTICA TOTAL**

La determinación de fibra dietética total incluyendo soluble e insoluble se determinó por el método de Prosky y col. (1988). El método está basado en la digestión enzimática de los materiales proteicos y amiláceos que generalmente interfieren en la cuantificación de la fibra.

Las muestras secas se hidrolizaron parcialmente con Termamyl, enzima termoestable. El hidrolizado obtenido fue sometido a otra digestión con proteasas y amiloglucosidasas para hidrolizar la proteína y el almidón del material. Posteriormente se precipitó la fibra empleando alcohol y acetona, determinando el extracto seco, y corrigiendo el resultado con los valores de proteína y ceniza.

### **3.6. CARBOHIDRATOS**

La determinación de azúcares se obtuvo por diferencia.

### 3.7. PERFIL DE LÍPIDOS

Se realizó por cromatografía capilar para grasas y aceites por el método de la AOCS Ce 96/2006, el cual consistió en la identificación y cuantificación de los isómeros *trans* de ácidos grasos en aceites y grasas vegetales.

Los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) de la muestra son separados por cromatografía de gases con una columna capilar que tiene una fase estacionaria altamente polar, de acuerdo a la longitud de cadena, grado de saturación y posición geométrica de las dobles ligaduras. Se empleó una muestra de 0.5  $\mu\text{L}$  y se comparan los resultados con un estándar y obteniendo así la identificación final.

## 4. SECADO SOLAR Y TOSTADO DEL PLÁTANO

Para realizar la deshidratación del plátano se empleó un deshidratador solar mixto con capacidad de 8 Kg diseñado en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo de Alimentos (LIDA) de la Facultad de Químico Farmacobiología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. En la figura 5 se muestra dicho secador solar.



Figura 5. Secador Solar

#### 4.1. PROCESO DE SECADO

Se llevó a cabo en la Facultad de Químico Farmacología. El deshidratador cuenta con bandejas de plástico perforadas sobre la cual se colocaron las rodajas de plátano cortadas en el momento, y las cuales se dejaron secar por 8 h, y monitoreando humedad y temperatura, para posteriormente almacenar. El almacenamiento se llevó a cabo en bolsas empacadas al vacío y bien selladas, para evitar la entrada de humedad.

#### 4.2. TOSTADO

Las muestras, previamente secas mediante el secado solar, se sometieron a un proceso de tostado en estufa a una temperatura de 150°C por un tiempo de 4 min, y con la finalidad de obtener un producto de consistencia crujiente. Las muestras sacadas de la estufa se dejaron atemperar a temperatura ambiente y se empacaron en bolsas al vacío, dejando estas en condiciones ambientales.

#### 4.3. ACTIVIDAD DE AGUA

Se realizó la prueba de actividad de agua al plátano deshidratado después del tratamiento de tostado, al sustituto de manteca de cacao y a la botana como tal. Esta prueba se realizó en el CINVESTAV-IPN, Unidad Querétaro. El equipo utilizado fue el AQUA-LAB Modelo CX2. La prueba se hizo por triplicado.

### 5. ADICIÓN DE VITAMINAS A, C, D Y E

Se adicionaron las vitaminas liposolubles A, D, y E, así como la vitamina hidrosoluble C al producto terminado. Las vitaminas fueron adicionadas directamente a la base de chocolate, y utilizando marcas comerciales de vitaminas: Aderogyl 15®, que contiene las vitaminas A, C y D; así como Eternal Vitamina E®, que contiene exclusivamente vitamina E.

La adición de las vitaminas se basó en dos presentaciones de peso de nuestra botana: Bolsa de 30 g; y Bolsa de 50 g. La adición de dichas vitaminas se presenta en la tabla siguiente:

Cuadro 9. Relación de Vitaminas en Producto Terminado.

ADICIÓN DE VITAMINAS EN BOLSA DE 30 g			
Vitaminas	Cantidad		% IDS*
Vitamina A	0.16 ml	<i>Aderogyl 15</i>	16.1%

Vitamina D	0.16 ml		25.0%
Vitamina C	0.16 ml		40.3%
Vitamina E	4.04 mg	<i>Eternal Vitamina E</i>	25.0%
<b>ADICIÓN DE VITAMINAS EN BOLSA DE 50 g</b>			
Vitaminas	Cantidad		% IDS
Vitamina A	0.16 ml	<i>Aderogyl 15</i>	17.0%
Vitamina D	0.16 ml		25.0%
Vitamina C	0.16 ml		41.3%
Vitamina E	3.99 mg	<i>Eternal Vitamina E</i>	25.0%

\*IDS (Ingesta Diaria Sugerida).

## 6. ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizaron pruebas panel para la elección de estado de madurez del plátano deshidratado, y como se mencionó, se utilizaron 3 estados de madurez.

También se realizaron pruebas panel para el plátano deshidratado con las tres diferentes coberturas: Chocolate Comercial, CEBES-1 (80% de ácidos grasos saturados y 20% de insaturados), y CEBES-2 (98% saturados y 2% de ácidos grasos insaturados). Las muestras CEBES fueron proporcionadas por la empresa aceitera AAK de Morelia, Michoacán y el chocolate comercial fue el HERSHEY'S Classic.

Las pruebas fueron realizadas a una población de 30 estudiantes de la Facultad de Químico Farmacobiología con un promedio de edad entre 19-23 años. Se utilizó una escala hedónica.

### 6.1. FORMULARIO ANÁLISIS SENSORIAL

A continuación se presentan los formularios que se aplicaron para las pruebas panel.

Cuadro 10. Formulario Prueba Sensorial Plátano Deshidratado

<b>PLÁTANO X</b>	<b>Rodajas de plátano deshidratado</b>			
<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				
<b>PLÁTANO Y</b>	<b>Rodajas de plátano deshidratado</b>			

<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				
<b>PLÁTANO Z</b>	<b><i>Rodajas de plátano deshidratado</i></b>			
<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				

Cuadro 11. Formulario Prueba Sensorial. Plátano con Cubierta de Chocolate.

<b>BOTANA ZX</b>	<b><i>Botana de Plátano con Chocolate</i></b>			
<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				
<b>BOTANA KX</b>				
<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				
<b>BOTANA HX</b>				
<i>Parámetros</i>	<i>Olor</i>	<i>Color</i>	<i>Sabor</i>	<i>Textura</i>
Muy malo				
Malo				
Regular				
Bueno				
Muy bueno				

## **VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **1. SECADO SOLAR DEL PLÁTANO**

La primera etapa del proyecto fue la elección del estado de madurez del plátano a utilizar para nuestro producto final. Se tomaron 3 estados de madurez del plátano y eligiendo estos por sus características externas y organolépticas. En la figura 4 se muestran dichos estados de madurez.

- Madurez 3: Cáscara verde alimonado y con consistencia no tan dura, y con un persistente sabor astringente ligero.
- Madurez 5: Cáscara amarilla, fruto suave y dulce, astringencia casi imperceptible.
- Madurez 8: Cáscara amarilla con manchas negras, fruto muy suave.



Figura 6. Diferentes Estados de Madurez del Plátano. Estados 3, 5, 8.

El siguiente paso fue la deshidratación de dichos plátanos:

Mediante la determinación de °Brix, se clasificaron los tres estados de maduración no solamente por sus características físicas y organolépticas, si no tomando en cuenta los azúcares libres en dichas frutas.

Cuadro 12. Clasificación por Azúcares Libres en Estados de Madurez del Plátano

	Estado de Madurez		
	*3	*5	*8
°Brix	16.5	18.8	20.3

\*Estados de madurez 3, 5 y 8, de acuerdo a la escala empleada en Cuadro 7.

A continuación se presentan los resultados del secado empleando el equipo de deshidratación solar para los tres tipos de plátanos en función a su estado de madurez.

Cuadro 13. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 3.

Plátano Estado de Madurez 3			
Tiempo (h)	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	% Humedad Relativa

0	22.4	44.7	36
1	27.3	48.7	36
2	28.4	56.0	36
3	28.6	55.1	36
4	29.8	49.5	36
5	26.8	51.8	36
6	28.3	50.4	36
PROMEDIO	27.4	50.9	36

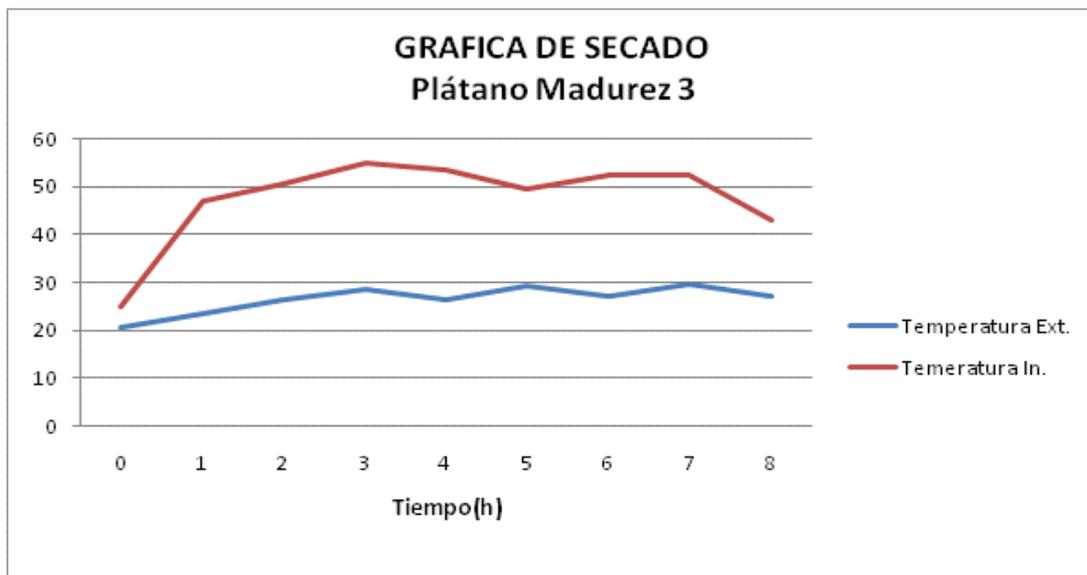


Figura 7. Curva de Secado. Plátano Madurez 3.

La humedad se mantuvo constante durante el secado del plátano de madurez 3. El pico más alto de temperatura fue de 56.0°C y se alcanzó a las 2 h del proceso de deshidratación, y descendiendo hasta 50.8°C. Debido a la baja cantidad de azúcares libres del plátano de madurez 3, el desprendimiento de agua libre fue más rápido, el tiempo de secado se efectuó en 6 h, y obteniendo rodajas de textura crujiente. Los azúcares presentes en el plátano son una parte fundamental para la deshidratación solar, ya que este tipo de componente genera uniones con el agua del alimento, la cual es difícil de eliminar mediante procesos de secado solar.

Cuadro 14. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 5

Plátano Estado de Madurez 5			
Tiempo (h)	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	% Humedad Relativa
0	22.1	41.8	37
1	25.5	48.5	36
2	28.0	54.7	36
3	28.8	55.1	36

4	26.8	52.5	36
5	29.6	49.5	36
6	29.0	50.9	36
7	27.2	48.2	38
8	26.5	43.0	38
<b>PROMEDIO</b>	<b>27.0</b>	<b>49.4</b>	<b>36.5</b>

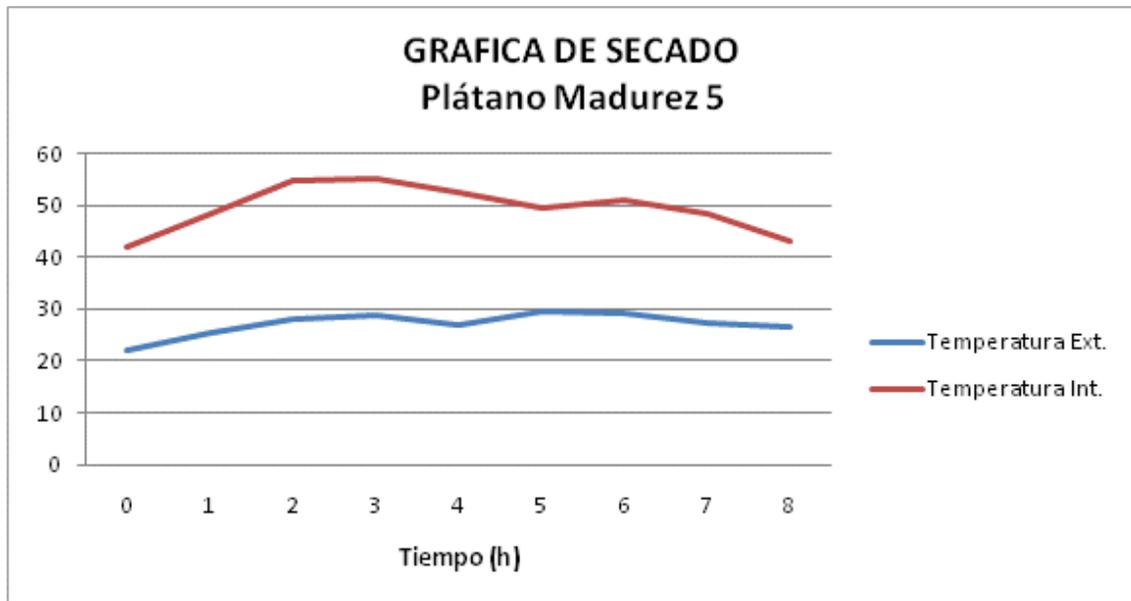


Figura 8. Curva de Secado. Plátano Madurez 5.

La deshidratación del plátano madurez 5 fue diferente al de madurez 3. El plátano de madurez 5, debido a su mayor cantidad de azúcares libres, tardo 2 h más en terminar el proceso de deshidratación, y generando su mayor temperatura a las 3 h, y con un descenso de temperatura durante el proceso de secado más notorio que el plátano de madurez 3.

Cuadro 15. Relación Humedad-Temperatura en Secado Plátano Madurez 8.

<b>Plátano Estado de Madurez 5</b>			
Tiempo (h)	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	% Humedad Relativa
0	20.6	24.8	38
1	23.5	46.9	36
2	26.5	50.5	36
3	28.6	54.9	36

4	26.5	53.7	36
5	29.3	49.5	36
6	27	52.6	36
7	29.5	52.4	37
8	27	43.1	38
PROMEDIO	26.5	47.6	36.6

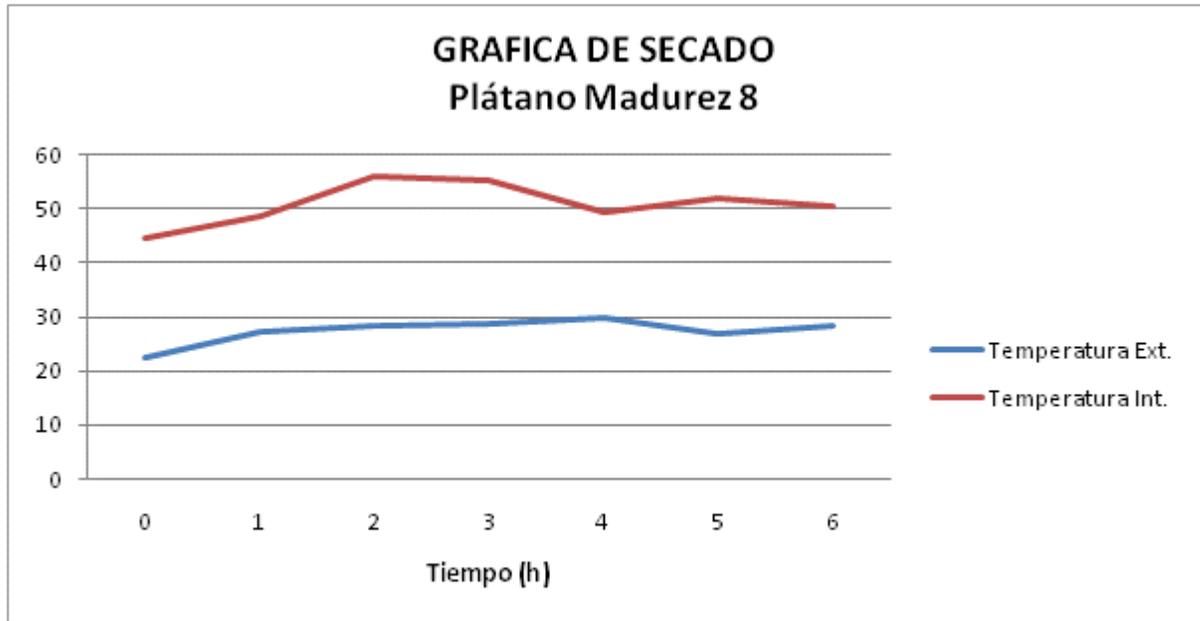


Figura 9. Curva de Secado. Plátano Madurez 8.

Al igual que en el plátano de madurez 5, en el plátano de madurez 8 el tiempo de secado se efectuó en 8 h, solo que dándonos un producto de consistencia chiclosa, la cual no era muy adecuada para la elaboración del producto final. Así mismo, se generaron rodajas pigmentadas en el centro, y debido probablemente a la gran cantidad de azúcares libres y su tiempo de desprendimiento de agua libre en la fruta. En la figura siguiente se muestran las rodajas de plátano deshidratado estado de madurez 5.



Figura 10. Rodajas de plátano deshidratado madurez 5.

## 2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PLÁTANOS

Se realizó un análisis bromatológico a los tres estados de madurez del plátano, previamente deshidratados, reportando: humedad, carbohidratos, fibra, extracto etéreo, proteína, y cenizas; tanto en base humedad como en base seca.

Cuadro 16. Análisis Bromatológico Plátanos Deshidratados.

	PLÁTANO MADUREZ 3		PLÁTANO MADUREZ 5		PLÁTANO MADUREZ 8		*REFERENCIA	
	% BH	% BS	% BH	% BS	% BH	% BS	% BH	% BS
HUMEDAD	72.92 ± 1.17	-	71.94 ±1.26	-	74.93 ± 0.92	-	72.32	-
CENIZAS	0.88 ± 0.04	3.25	1.01 ±0.15	3.60	1.13 ± 0.15	4.51	0.82	2.96
EXTRACTO ETÉREO	0.27 ± 0.02	1.00	0.25 ± 0.03	0.89	0.24 ± 0.01	0.96	0.33	1.19
PROTEÍNA	0.81 ± 0.10	2.99	0.82 ± 0.08	2.92	0.68 ± 0.05	2.71	1.09	3.94
FIBRA DIETÉTICA	3.36 ± 0.79	12.40	3.64 ± 0.27	12.97	0.41 ± 0.14	1.64	2.60	9.39
CARBOHIDRATOS	21.78	80.37	22.34	79.62	22.61	90.19	22.84	82.51
<b>TOTALES</b>	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: \*USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 23 (2010)

Los resultados del análisis bromatológico fueron una de las determinantes para la elección del producto final; como se puede ver la composición de los 3 estados de madurez del plátano fueron en su mayoría muy similares, observándose solamente algunos cambios.

Los valores de humedad, cenizas, lípidos y proteínas no presentan cambios importantes. Sin embargo, los valores de fibra dietética muestran cambios notorios. El plátano madurez 8 presenta un valor de fibra de cerca de la mitad de los presentados en los otros dos estados de madurez. La cantidad de fibra dietética fue mucho mayor en los 2 primeros estados de maduración.

Aunque los carbohidratos fueron obtenidos por diferencia; se sabe que a medida que el plátano va madurando, el almidón presente en este se degrada enzimáticamente a glucosa, y aumentando con ello los carbohidratos al final de la maduración.

### 3. ANÁLISIS SENSORIAL PLÁTANOS DESHIDRATADOS

Para la elección final del estado de madurez del plátano deshidratado se realizó un estudio sensorial a una población de 30 personas. A continuación se presentan dichos resultados. Marcando con “M3” al plátano con estado de madurez 3, “M5” el plátano con estado de madurez 5 y “M8” el plátano de madurez 8. El análisis sensorial se basó en una prueba de tipo hedónica.

A continuación se presentan los resultados para el análisis de las propiedades sensoriales de color, olor, sabor y textura.

Cuadro 17. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Olor”

<i>Olor</i>						
	<b>PLÁTANO M3</b>		<b>PLÁTANO M5</b>		<b>PLÁTANO M8</b>	
Muy malo	0	0.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
Malo	8	26.7 %	1	3.3 %	1	3.3 %
Regular	13	43.3 %	6	20.0 %	9	30.0 %
Bueno	5	16.7 %	16	53.3 %	14	46.7 %
Muy bueno	4	13.3 %	7	23.3 %	6	20.0 %

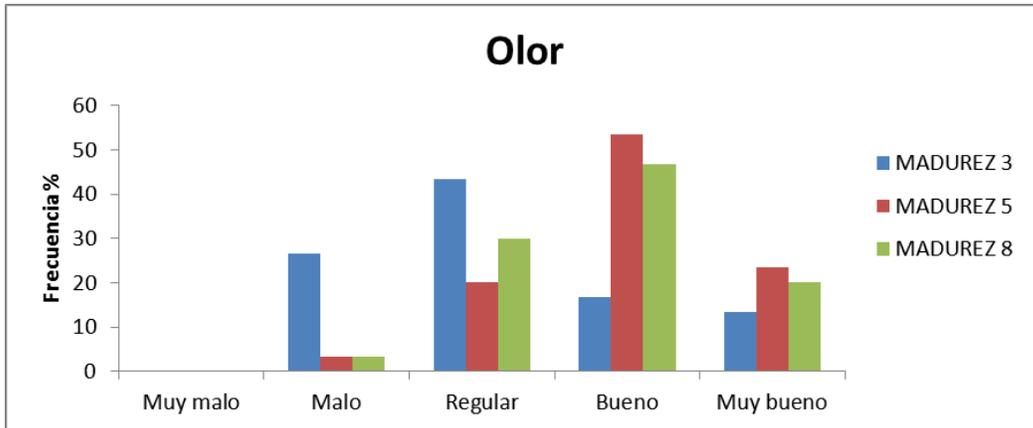


Figura 11. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Olor.

Cuadro 18. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Color”

Color						
	PLÁTANO M3		PLÁTANO M5		PLÁTANO M8	
Muy malo	2	6.7 %	0	0.0 %	0	0.0 %
Malo	13	43.3 %	0	0.0 %	3	10.0 %
Regular	11	36.7 %	7	23.3 %	10	33.3 %
Bueno	3	10.0 %	13	43.3 %	12	40.0 %
Muy bueno	1	3.3 %	10	33.3 %	5	16.7 %

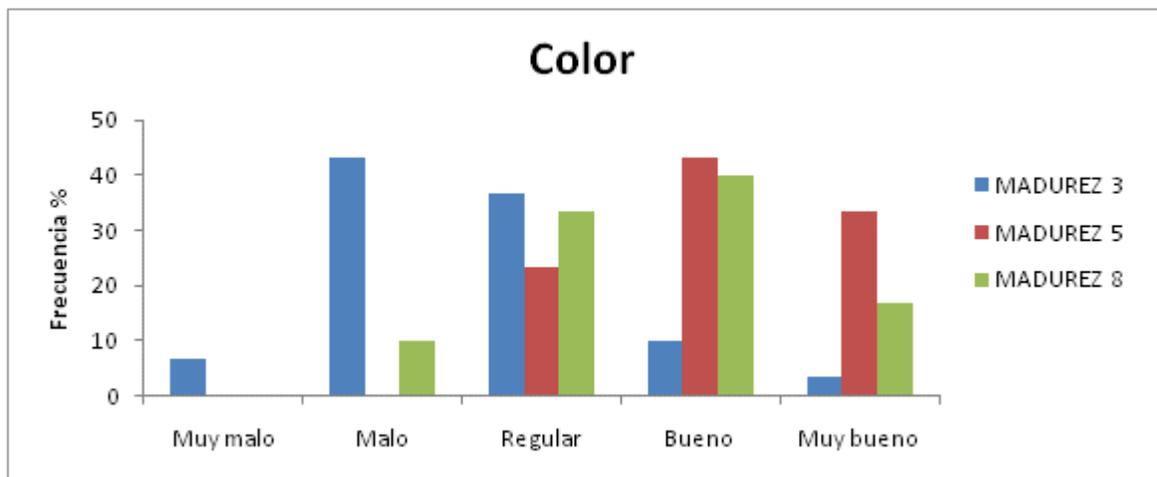


Figura 12. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Color.

Cuadro 19. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según el “Sabor”

<b>Sabor</b>						
	<b>PLÁTANO M3</b>		<b>PLÁTANO M5</b>		<b>PLÁTANO M8</b>	
Muy malo	2	6.7%	0	0.0%	4	13.3%
Malo	9	30.0%	2	6.7%	5	16.7%
Regular	12	40.0%	7	23.3%	11	36.7%
Bueno	5	16.7%	10	33.3%	6	20.0%
Muy bueno	2	6.7%	11	36.7%	4	13.3%

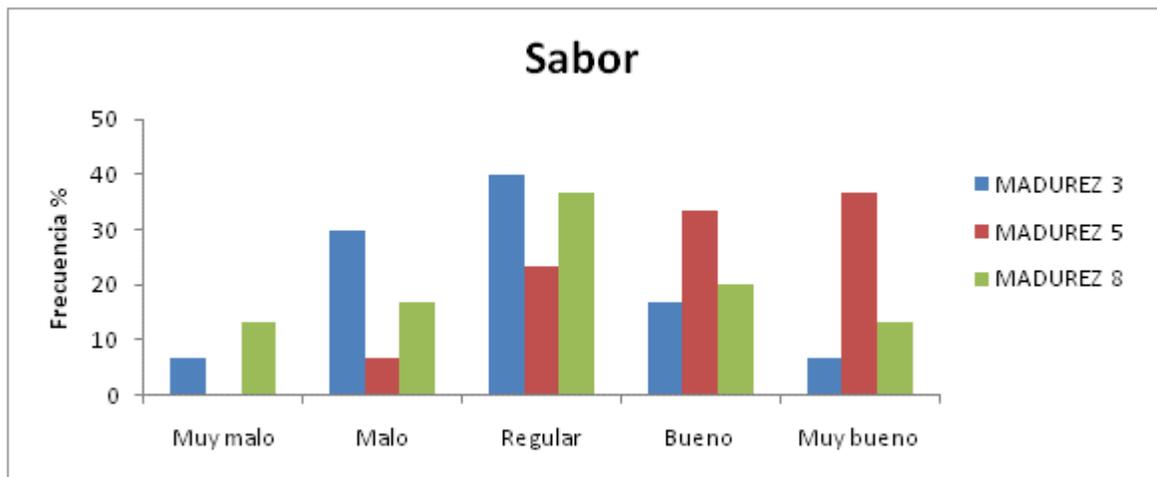


Figura 13. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Sabor.

Cuadro 20. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano deshidratado según la “Textura”

<b>Textura</b>						
	<b>PLÁTANO M3</b>		<b>PLÁTANO M5</b>		<b>PLÁTANO M8</b>	
Muy malo	0	0.0 %	3	10.0 %	5	16.7 %
Malo	1	3.3 %	9	30.0 %	12	40.0 %
Regular	8	26.7 %	10	33.3 %	9	30.0 %
Bueno	11	36.7 %	7	23.3 %	3	10.0 %
Muy bueno	10	33.3 %	1	3.3 %	1	3.3 %

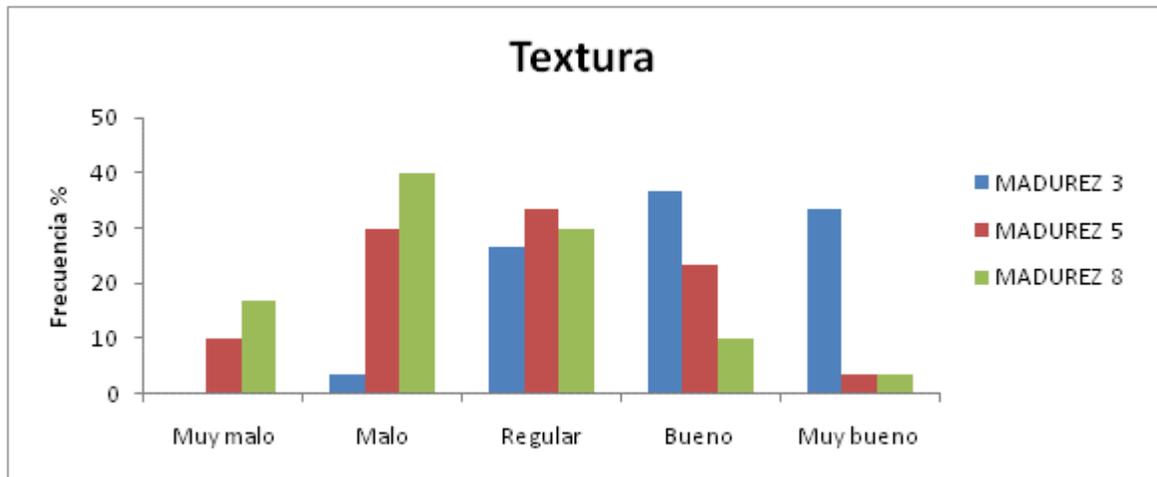


Figura 14. Análisis Sensorial Rodajas de Plátano Deshidratado. Textura.

El estudio sensorial fue una prueba determinante para la elección del estado de madurez para preparar nuestra botana deshidratada de plátano y posteriormente recubierta con chocolate.

Acorde al estudio realizado, se observa que en cuanto a la característica sensorial de olor, color y sabor, se tiene una mayor aceptabilidad entre bueno y muy bueno al plátano de madurez 5, seguido de este el de madurez 8. En cuanto a la textura se presenta una diferencia de aceptabilidad presentándose mayor frecuencia entre bueno y muy bueno para el plátano de madurez 3, seguida de este el de madurez 5, y señalando que el plátano de madurez 8 presento una consistencia muy chiclosa y difícil de masticar.

En función a los resultados obtenidos la elección de los plátanos se inclinó en 3 de los 4 parámetros por el plátano de madurez 5.

Cabe señalar que debido a que la consistencia final de dicho plátano no era la más aceptada se optó por realizar un tratamiento posterior de tostado.

#### 4. PROCESO DE TOSTADO

Debido a que el estado de madurez 5 seleccionado, no presentó la textura deseada, las rodajas se sometieron a tratamiento de tostado, y probando diferentes tiempos a una temperatura de 150°C. La elección de esta temperatura fue a base de que se probó con temperaturas de 130 y 180°C, obteniendo texturas y apariencias no deseadas, aun a pesar de manejar diferentes tiempos.

Las pruebas en los primeros segundos se descartaron, ya que la consistencia de la rodaja fuera muy suave y chiclosa, por lo que no era muy adecuada para su consumo. En base a las diferentes pruebas, se optó por someter las rodajas a 240 segundos a 150°C, y obteniendo una textura final crujiente, sin afectar el sabor, que fue lo que pasó cuando se estudiaron tiempos más largos de tostado. En la figura siguiente se muestran las diferentes muestras a los diferentes tiempos de tostado y a una temperatura constante de 150°C.

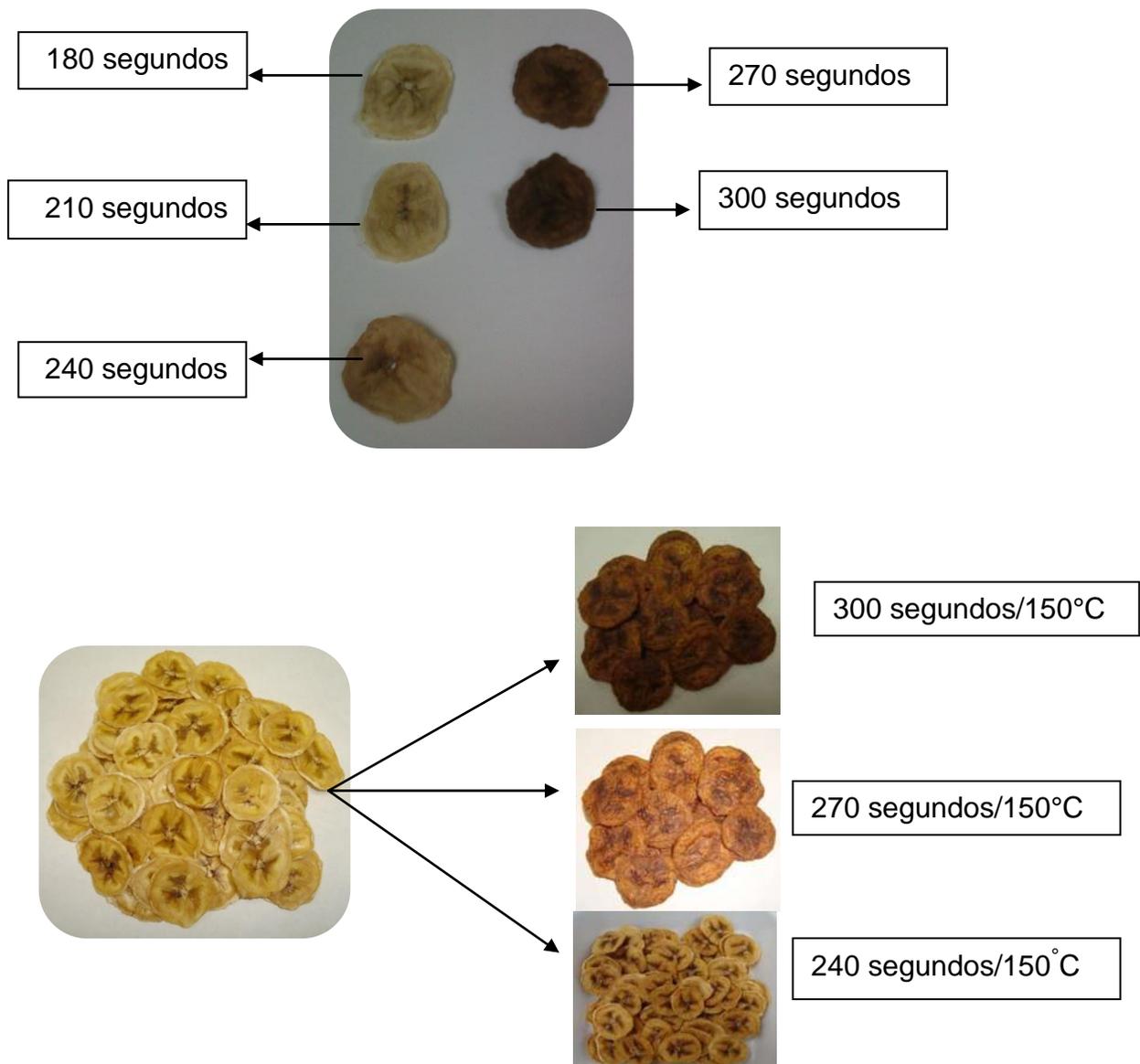


Figura 15. Tostado de Rodajas de Plátano.

## 5. CHOCOLATE

Después de obtener el producto deshidratado y tostado se procedió a aplicar el recubrimiento de chocolate. Se utilizaron dos sustitutos de chocolate CEBES 30-08 (2% de ácidos grasos insaturados y 98% de ácidos grasos saturados) y CEBES LSX 80 (80% de ácidos grasos saturados y 20% ácidos grasos insaturados), y éstos se compararon con un chocolate de marca comercial.

### 5.1. PORCIENTO DE LÍPIDOS

A continuación se muestra el contenido de lípidos para las tres muestras.

Como se puede ver en la tabla 21, tomando como referencia el contenido de lípidos en el chocolate comercial, formulado exclusivamente por cacao, el sustituto de cacao de nombre CEBES 30-08 presenta 9.8% más lípidos que el chocolate comercial; mientras que en el CEBES LSX 80 tan solo hay una diferencia de 1.4 %. Por otro lado, la humedad es mayor en los CBS.

Cuadro 21. % de Lípidos en HERSHEY'S, CEBES 30-08 y CEBES LSX 80.

HERSHEY'S	CEBES 30-08	CEBES LSX 80
HUMEDAD		
0.63	1.15	1.43
+/- 0.03	+/- 0.06	+/- 0.02
EXTRACTO ETÉREO BASE HÚMEDA		
30.54	40.36	32.12
+/- 0.45	+/- 0.21	+/- 0.48

### 5.2. PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

También se realizó un perfil de lípidos de los dos sustitutos de cacao que utilizamos, así como del chocolate de marca comercial. Este perfil de ácidos grasos se realizó mediante cromatografía de gases. A continuación se presentan dichas cromatografías, y sus tablas correspondientes.

Cuadro 22. Perfil de lípidos en HERSHEY'S CLASSIC.

Signal 1: FID1 A, Front Signal

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	12.838		0.0000	0.00000	0.00000	Butirico
2	16.409	MM	0.1069	47.81642	0.12471	Caproico
3	19.263	BV	0.1270	58.75403	0.15324	Caprilico
4	21.622	BV	0.1054	154.25325	0.40231	Caprico
5	23.227		0.0000	0.00000	0.00000	Undecanoico
6	24.205	MM	0.1187	369.10345	0.96267	Laurico
7	26.066		0.0000	0.00000	0.00000	Tridecanoico
8	27.682	BV	0.1675	805.63635	2.10121	Miristico
9	29.251	VV	0.1868	85.65099	0.22339	Miristoleico
10	30.400		0.0000	0.00000	0.00000	Pentadecanoico
11	31.500		0.0000	0.00000	0.00000	Cis 10 Pentadecanoico
12	32.756	BV	0.2665	1.05697e4	27.56721	Palmitico
13	34.387	MM	0.1841	104.01132	0.27128	Palmitoleico
14	35.617	BB	0.2828	106.65783	0.27818	Margarico
15	38.323		0.0000	0.00000	0.00000	Margaroleico
16	39.586	BB	0.3713	1.11869e4	29.17711	Estearico
17	40.768	MF	0.2886	283.10632	0.73838	Elaidico
18	41.530	FM	0.3604	1.26464e4	32.98369	Oleico cis
19	43.800		0.0000	0.00000	0.00000	Linoelaidico
20	44.068	MF	0.2804	62.50496	0.16302	?
21	44.420	FM	0.2696	1306.99182	3.40882	Linoleico
22	47.147	BV	0.4260	364.57925	0.95087	Araquidico
23	48.000		0.0000	0.00000	0.00000	&-Liolenico
24	48.402	VB	0.2363	118.51763	0.30911	Linolenico
25	49.288	BV	0.3124	70.85183	0.18479	Gadoleico
26	52.380		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosadienoico
27	54.066		0.0000	0.00000	0.00000	Dihomo-&-Linolenico
28	56.823		0.0000	0.00000	0.00000	Heneicosanoico
29	57.067		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosatrienoico
30	58.679		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidonico
31	58.915		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosapentanoico
32	59.557		0.0000	0.00000	0.00000	Behenico
33	63.587		0.0000	0.00000	0.00000	Erucico
34	63.759		0.0000	0.00000	0.00000	Docosadienoico
35	66.584		0.0000	0.00000	0.00000	Tricosanoico
36	69.159		0.0000	0.00000	0.00000	Tetracosanoico
37	76.071		0.0000	0.00000	0.00000	docosahexanoico

Totals : 3.83415e4

Cuadro 23. Perfil de lípidos en CEBES 30-08

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	11.867		0.0000	0.00000	0.00000	Butirico
2	16.690		0.0000	0.00000	0.00000	Caproico
3	19.811	BB	0.0644	33.51295	1.89623	Caprilico
4	22.188	BB	0.0689	48.62154	2.75110	Caprico
5	23.530		0.0000	0.00000	0.00000	Undecanoico
6	24.908	BB	0.0788	939.54633	53.16131	Laurico
7	26.703		0.0000	0.00000	0.00000	Tridecanoico
8	28.602	BB	0.0928	366.20978	20.72084	Miristico
9	30.000		0.0000	0.00000	0.00000	Miristoleico
10	30.600		0.0000	0.00000	0.00000	Pentadecanoico
11	31.000		0.0000	0.00000	0.00000	Cis 10 Pentadecanoico
12	33.774	BB	0.1160	170.83293	9.66605	Palmitico
13	36.020		0.0000	0.00000	0.00000	Palmitoleico
14	37.248		0.0000	0.00000	0.00000	Margarico
15	39.557		0.0000	0.00000	0.00000	Margaroleico
16	40.642	BB	0.1424	203.10762	11.49221	Estearico
17	42.300		0.0000	0.00000	0.00000	Elaidico
18	42.790	MM	0.1401	3.00492	0.17002	Oleico Cis
19	45.200		0.0000	0.00000	0.00000	Linoelaidico
20	46.852		0.0000	0.00000	0.00000	Linoleico
21	48.941	MM	0.1732	2.51392	0.14224	Araquidico
22	50.013		0.0000	0.00000	0.00000	Linolenico
23	50.202		0.0000	0.00000	0.00000	&-Linolenico
24	51.828		0.0000	0.00000	0.00000	Gadoleico
25	53.909		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosadienoico
26	55.795		0.0000	0.00000	0.00000	Dihomo-&-Linolenico
27	58.600		0.0000	0.00000	0.00000	Behenico
28	58.754		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosatrienoico
29	60.509		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidonico
30	60.782		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosapentanoico
31	61.300		0.0000	0.00000	0.00000	Heneicosanoico
32	65.484		0.0000	0.00000	0.00000	Erucico
33	65.740		0.0000	0.00000	0.00000	Docosaddienoico
34	68.287		0.0000	0.00000	0.00000	Tricosanoico
35	71.040		0.0000	0.00000	0.00000	Tetracosanoico
36	78.421		0.0000	0.00000	0.00000	Dosahexanoico

Totals :

1767.34998

Cuadro 24. Perfil de lípidos en CEBES LSX 80.

Signal 1: FID1 A,

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	12.857		0.0000	0.00000	0.00000	Butirico C4
2	16.449	BB	0.0591	15.82473	0.05661	Caproico C6
3	19.244	BB	0.0508	327.72415	1.17235	Caprilico C8
4	21.543	BB	0.0525	499.66928	1.78745	Caprico C10
5	22.737	BB	0.0595	7.81623	0.02796	Undecanoico C11
6	24.141	BB	0.0774	9809.63086	35.09157	Laurico C12
7	25.559	BB	0.0590	12.94775	0.04632	Tridecanoico C13
8	27.370	BB	0.0787	4018.72363	14.37601	Miristico C14
9	28.953		0.0000	0.00000	0.00000	Miristoleico C14-1
10	29.291	BB	0.0697	6.52540	0.02334	Pentadecanoico C15
11	31.197		0.0000	0.00000	0.00000	Cis 10 Pentadecanoico C15-1
12	31.662	BB	0.0878	2456.61011	8.78793	Palmitico C16
13	33.227	BB	0.0724	6.74831	0.02414	Palmitoleico C16-1
14	34.122	BB	0.0837	15.75342	0.05635	Margarico C17
15	36.102		0.0000	0.00000	0.00000	Margaroleico C17-1
16	37.168	MF	0.1756	5243.46533	18.75722	Estearico C18
17	38.048	MF	0.3626	271.22549	0.97024	Elaidico C18-1T
18	38.860	FM	0.1618	4539.65771	16.23952	Oleico C18-1C
19	40.905	MM	0.1504	8.41085	0.03009	Linoelaidico C18-2T
20	41.335	BB	0.0823	530.15564	1.89650	Linoleico C18-2
21	43.041	BB	0.0774	67.42643	0.24120	Araquidico C-20
22	43.223		0.0000	0.00000	0.00000	&-Linolenico
23	44.500	BB	0.0844	31.35355	0.11216	Linolenico
24	44.918	BB	0.0780	23.32726	0.08345	Gadoleico C20-1
25	46.515		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosadienoico C20-2
26	48.013		0.0000	0.00000	0.00000	Dihomo-&-Linolenico C20-3
27	49.582	BB	0.0864	61.38355	0.21958	Heneicosanoico C21
28	49.900		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidonico C20-4
29	51.200		0.0000	0.00000	0.00000	Eicosapentanoico C20-5
30	51.500		0.0000	0.00000	0.00000	Behenico C22
31	51.600		0.0000	0.00000	0.00000	Erucico C22-1
32	54.799		0.0000	0.00000	0.00000	Docosadienoico C22-2
33	55.253		0.0000	0.00000	0.00000	Tricosanoico C23
34	56.640		0.0000	0.00000	0.00000	Lignocerico C24
35	58.853		0.0000	0.00000	0.00000	Docosahexanoico C22-6
36	65.447		0.0000	0.00000	0.00000	Nervoico C24-1

Totals : 2.79544e4

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los principales ácidos grasos presentes en las diferentes muestras bajo el estudio de cromatografía.

Cuadro 25. Ácidos Grasos en Hershey's Classic, CEBES 30-08 y CEBES LSX 80.

	% CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS		
	HERSHEY'S	CEBES 30-08	CEBES LSX 80
<b>ÁCIDOS GRASOS SATURADOS</b>			
Ácido Caproico	0.12	0.00	0.06
Ácido Caprilico	0.15	1.90	1.17
Ácido Caprico	0.40	2.75	1.79
Ácido Undecanoico	0.00	0.00	0.03
Ácido Láurico	0.96	53.16	35.09
Ácido Tridacanoico	0.00	0.00	0.05
Ácido Mirístico	2.10	20.72	14.38
Ácido Pentadecanoico	0.00	0.00	0.02
Ácido Palmítico	27.57	9.67	8.79
Ácido Margarico	0.28	0.00	0.06
Ácido Estearico	29.18	11.49	18.76
Ácido Elaidico	0.74	0.00	0.97
<b>Total de AGS</b>	<b>61.5</b>	<b>99.69</b>	<b>81.17</b>
<b>ÁCIDOS GRASOS INSATURADOS</b>			
Ácido Oleico	32.98	0.17	16.24
Ácido Palmitoleico	0.28	0.00	0.02
Ácido linoleico	3.41	0.00	1.90
Ácido Miristoleico	0.22	0.00	0.00
Ácido linoelaidico	0.00	0.00	0.03
Ácido Araquidico	0.95	0.14	0.24
Ácido linolenico	0.31	0.00	0.11
Ácido gadoleico	0.18	0.00	0.08
Ácido Heneicosadoico	0.00	0.00	0.22
<b>Total de AGIS</b>	<b>38.33</b>	<b>0.31</b>	<b>18.84</b>
<b>TOTAL:</b>	<b>99.83</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Nota: En el Hershey's solo se muestra un 99.83%, ya que el 0.17% presentó un pico en la gráfica no identificado.

De acuerdo al estudio de perfil de lípidos realizado a los diferentes chocolates, y a lo reportado por la empresa AAK, nos dice que el sustituto de cacao de nombre CEBES 30-08, presenta de 0-2% de ácidos grasos insaturados y de 98-100% de saturados. Se puede ver que el porcentaje de saturados es de un 99.69 y el de insaturados solamente

un 0.31 %. Por lo que los datos reportados se consideran que están dentro de la especificación teórica e internamente por la empresa AAK.

En función a la tabla anterior se puede observar que se presenta una mayor contenidos de ácidos grasos saturados en el CEBES 30-08, seguido en forma decreciente por el CEBES LSX 80 con una reducción de aproximadamente 18%, y seguido por el chocolate comercial Hershey's, y con una diferencia del CEBES 30-08 del 38% y del CEBES LSX 80 de un 20%, aproximadamente.

En cuanto a la presencia de ácidos grasos insaturados, de manera decreciente, se puede observar un mayor porcentaje de estos en el chocolate comercial Hershey's, seguido del sustituto de cacao CEBES LSX 80 con un aproximado del 50 %.

En cuanto a los ácidos grasos saturados, tenemos que el más abundante en el chocolate Hershey's es el ácido esteárico, presentándose este en el CEBES 30-08 con un disminución del 46%, y en el CEBES LSX 80 una disminución del 36 % en relación al chocolate comercial. Seguido del ácido esteárico se encuentra el ácido Palmítico presentándose en un 27.57 % con una disminución en el sustituto de cacao de nombre CEBES 30-08 y CEBES LSX 80 de 35 y 32% respectivamente. Los ácidos grasos saturados más abundantes en los sustitutos de cacao son el ácido láurico y mirístico, los cuales se encuentran en bajas cantidades en la manteca de cacao, y esto se debe a que la materia prima con que se elaboran los sustitutos es diferente al chocolate.

Uno de los ácidos grasos insaturados más abundantes en la manteca de cacao es el ácido oleico con un 32.98 %, y presentándose éste en forma deficiente en CEBES 30-08 y presente en el CEBES LSX 80 en un 50 % en relación al Hershey's. El ácido linoleico es otro de los ácidos insaturados más abundantes, siendo este el segundo más abundante en el chocolate comercial el cual se encuentra ausente en el sustituto CEBES 30-08, estando presente en tan solo un 30% en el CEBES LSX80, del ácido linoleico (3.41%) del chocolate comercial.

### **5.3. COBERTURA DE CHOCOLATE**

Las rodajas de plátano, una vez ya teniendo una consistencia crujiente por el proceso de tostado, fueron recubiertas con HERSHEY'S CLASSIC, CEBES 30-08 y CEBES LSX 80, por una técnica de inmersión en cada una de las soluciones de los chocolates antes mencionados, y hasta la formación de una capa fina que recubría todo la superficie de la fruta, y secando éstas a temperatura ambiente.



HERSHEY'S CLASSIC

CEBES 30-08

CEBES LSX 80

Figura 16. Rodajas de Plátano con Cubertura de Chocolate.

## 6. ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BOTANA

Las rodajas de plátano deshidratado recubiertas con los tres diferentes chocolates se sometieron a un análisis sensorial, para la elección del producto final, y utilizando una población de 30 panelistas. Se utilizó la muestra con chocolate comercial como patrón comparativo. A continuación se presentan los resultados de dicho análisis sensorial.

Cuadro 26. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Olor.

<i>Olor</i>						
	BOTANA CEBES 30- 08		BOTANA HERSHEY'S		BOTAN CEBES LSX 80	
Muy malo	0	0.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
Malo	0	0.0 %	0	0.0 %	1	3.3 %
Regular	5	16.7 %	6	20.0 %	11	36.7 %
Bueno	19	63.3 %	16	53.3 %	14	46.7 %
Muy bueno	6	20.0 %	8	26.7 %	4	13.3 %

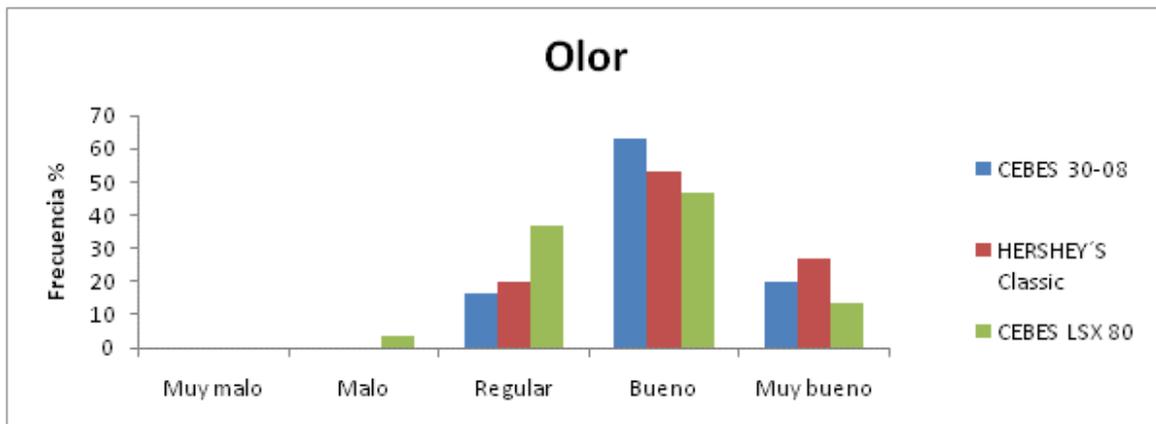


Figura 17. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Olor.

Cuadro 27. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Color.

<b>Color</b>						
	<b>BOTANA CEBES 30-08</b>		<b>BOTANA HERSHEY'S</b>		<b>BOTANA CEBES LSX 80</b>	
Muy malo	0	0.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
Malo	0	0.0 %	0	0.0 %	1	3.3 %
Regular	2	6.7 %	15	50.0 %	4	13.3 %
Bueno	20	66.7 %	10	33.3 %	18	60.0 %
Muy bueno	8	26.7 %	5	16.7%	7	23.3%

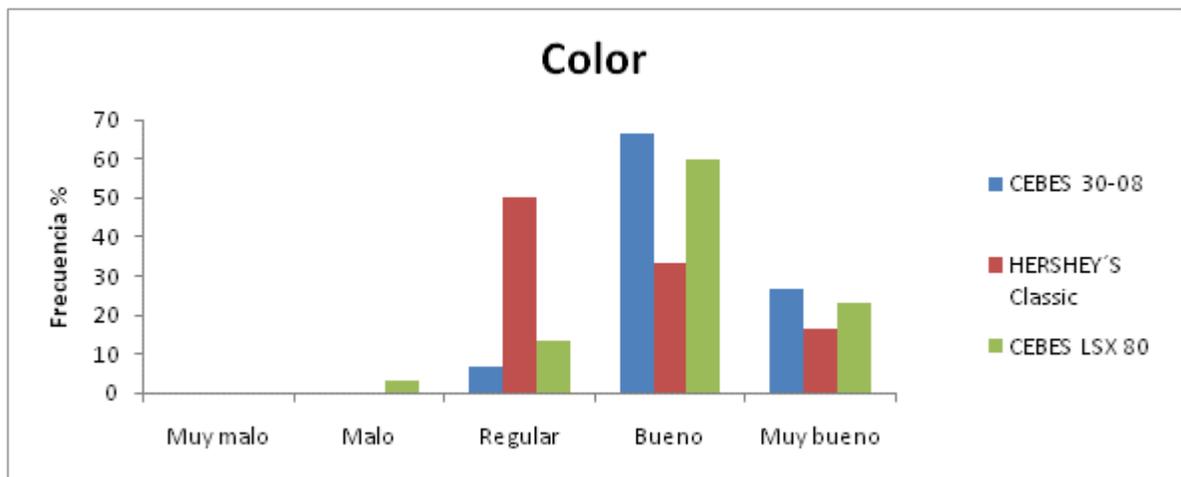


Figura 18. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Color.

Cuadro 28. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Sabor.

<b>Sabor</b>						
	<b>BOTANA CEBES 30-08</b>		<b>BOTANA HERSHEY'S</b>		<b>BOTANA CEBES LSX 80</b>	
Muy malo	0	0.0 %	0	0.0 %	0	0.0 %
Malo	1	3.3 %	2	6.7 %	8	26.7 %
Regular	13	43.3 %	10	33.3 %	12	40.0 %
Bueno	10	33.3 %	11	36.7 %	7	23.3 %
Muy bueno	6	20.0 %	7	23.3%	3	10.0 %

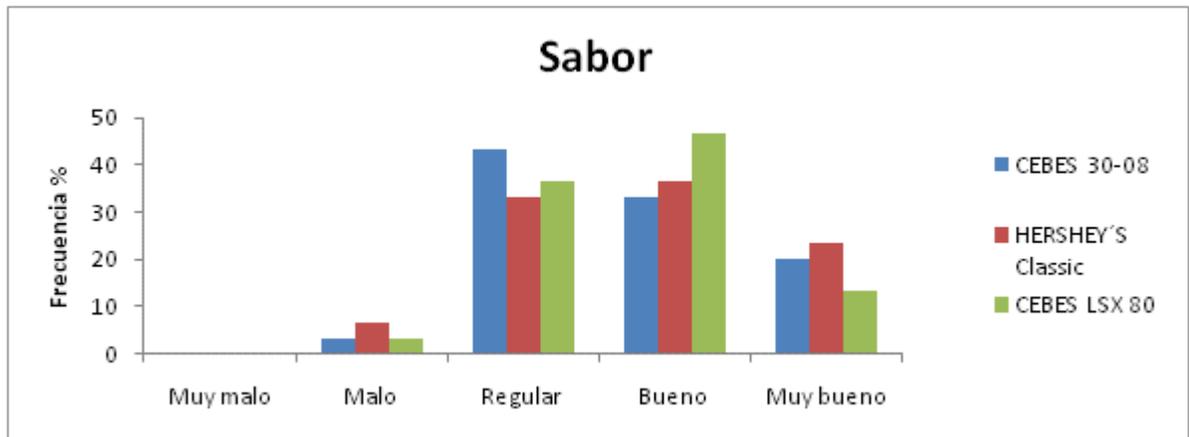


Figura 19. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Sabor.

Cuadro 29. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Textura.

<i>Textura</i>						
	<b>BOTANA CEBES 30- 08</b>		<b>BOTANA HERSHEY'S</b>		<b>BOTANA CEBES LSX 80</b>	
Muy malo	1	3.3 %	1	3.3 %	2	6.7 %
Malo	0	0.0 %	6	20.0 %	3	10.0 %
Regular	9	30.0 %	11	36.7 %	11	36.7 %
Bueno	13	43.3 %	10	33.3 %	11	36.7 %
Muy bueno	7	23.3 %	2	6.7%	3	10.0%

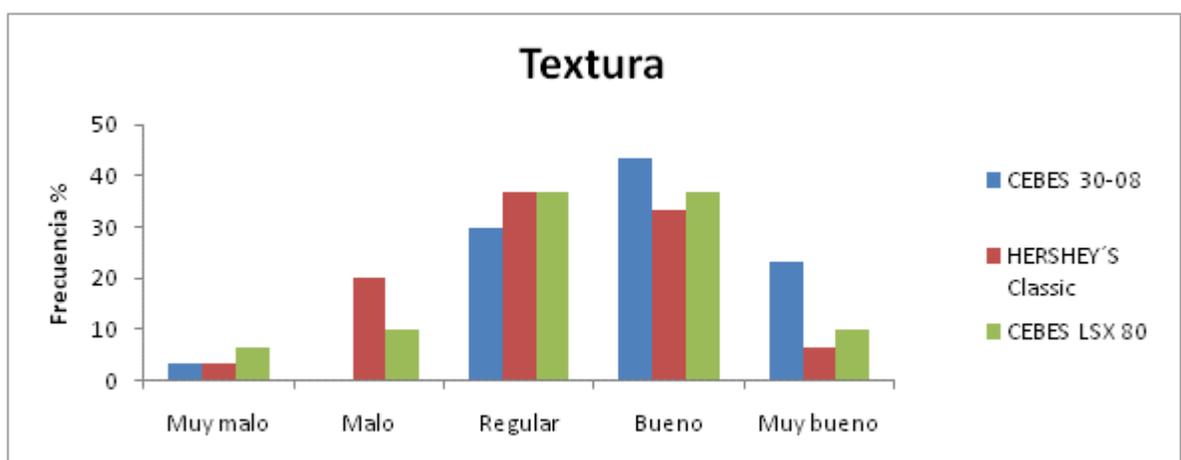


Figura 20. Análisis Sensorial. Plátano con Cubierta Chocolate. Textura.

En base a los resultados anteriores se puede comentar que en cuanto color y textura en los parámetros de bueno y muy bueno se presentó una mayor aceptación por el CEBES 30-08, seguido del CEBES LSX 80. Mientras que en el sabor el que mayor aceptación presentó fue el chocolate Hershey's seguido de este por el CEBES 30-08 al igual que en el parámetro de olor.

Por lo tanto, y acorde a los resultados se optó por la elección del CEBES 30-08 para realizar el recubrimiento del plátano deshidratado de madurez 5 para la elaboración de la botana o producto final. Esta elección se llevó a cabo debido a una mayor aceptación de sus propiedades organolépticas por la población.

## 7. BROMATOLÓGICO PLÁTANO CON CEBES 30-08

Una vez elegido tanto el estado de madurez del plátano como el sustituto a utilizar, se procedió a realizar un análisis bromatológico del producto terminado. Cabe señalar que se seleccionó un plátano con madurez 5, tostado a 150°C y cubierto con cebes 30-08. Dicho análisis se presenta en la siguiente tabla.

Cuadro 30. Análisis Bromatológico Producto Terminado.

BROMATOLÓGICO BOTANA FINAL		
	% BH	% BS
HUMEDAD	1.93 ± 0.10	0.00 %
CENIZAS	2.34 ± 0.06	2.39 %
EXTRACTO ETÉREO	30.09 ± 0.51	30.68 %
PROTEÍNA	7.86 ± 0.18	8.01 %
FIBRA DIETÉTICA	12.27 ± 0.08	12.51 %
CARBOHIDRATOS	45.51	46.41 %

La tabla anterior nos muestra los resultados de estudio bromatológico final de la botana, presentando una buena proporción de proteínas tanto en base humedad como en base seca, la cual nos generó mayor cantidad que la proporcionada en la bibliografía (USDA, 2010) reportando en esta 4.35% aumentando este en un 84.1 %.

Otra dato muy importante reportado en la tabla es el contenido de fibra, el cual supera con un 17.10 % a la fibra dietética reportada en la bibliografía, por lo que se considera que el producto elaborado, genera una buena fuente de nutrientes.

## 8. ADICIÓN DE VITAMINAS A, C, D Y E

Después de recubrir el plátano deshidratado con el sustituto de chocolate se adicionó 4 vitaminas: A, D, E y C. Las primeras tres son liposolubles y la última hidrosoluble.

Las vitaminas fueron agregadas de manera directa al sustituto de cacao “CEBES 30-08”, ya que estas se encontraban en base de aceite, por lo que no hubo una separación de fase, o bien un efecto bloom en el chocolate, y comportándose de manera estable.

La idea inicial era abastecer el 25% de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K), pero no se logró conseguir éstas de manera aisladas y puras, por lo que se optó por utilizar vitaminas de fuentes comerciales. Se utilizó Aderogyl 15® en presentación de 3 ml, la cual contiene vitamina A, vitamina D y vitamina C, y tomando como base de cálculo una IDR de 25% de la vitamina D; para el caso de la vitamina E se utilizó la marca comercial Eternal Vitamina E®, utilizando también una base de cálculo del 25% de la ingesta diaria sugerida.

Cuadro 31. Ingesta Diaria Sugerida de Vitaminas A, D, E y C

IDS				
	Vitamina A	Vitamina D	Vitamina E	Vitamina C
Población Mexicana	568 µg	5.6 µg	11 mg	60 mg

Fuente: NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

A continuación se muestran las siguientes concentraciones de vitaminas en la botana de acuerdo a la ingesta diaria sugerida:

Botana de Plátano Deshidratado en Presentación de 30 g.

- ☞ Vitamina A (Retinol). 16.1 % IDS
- ☞ Vitamina C (Ácido ascórbico). 40.38 % IDS
- ☞ Vitamina D (Ergocalciferol). 25% IDS
- ☞ Vitamina E (Acetato de alfa tocoferol). 25% IDS

Botana de Plátano Deshidratado en Presentación de 50 g.

- ☞ Vitamina A (Retinol). 17 % IDS
- ☞ Vitamina C (Ácido ascórbico). 41.35 % IDS
- ☞ Vitamina D (Ergocalciferol). 25% IDS
- ☞ Vitamina E (Acetato de alfa tocoferol). 25% IDS

## 9. TABLA NUTRICIONAL DEL PRODUCTO FINAL

A continuación se presenta la tabla nutricional del producto terminado obtenida a partir de un análisis bromatológico. Los datos de las vitaminas son teóricos, ya que no se analizaron de manera individual.

Se tomaron dos presentaciones de la botana, una de 30 g y otra de 50 g.

Cuadro 32. Valor Nutricional. Producto Terminado.

	Bolsa 30 g		Bolsa 50 g	
	Peso (g)	Por ciento	Peso (g)	Por ciento
Humedad	0.57	1.93	0.96	1.93
Cenizas	0.70	2.34	1.17	2.34
Lípidos	9.02	30.09	15.45	30.90
Proteína	2.35	7.83	3.93	7.86
Fibra Dietética	3.68	12.27	6.13	12.27
Carbohidratos	13.66	45.54	22.35	44.70
Vitamina A	16.1 % IDR		16.1 % IDR	
Vitamina C	40.3 % IDR		40.3 % IDR	
Vitamina D	25.0 % IDR		25.0 % IDR	
Vitamina E	25.0 % IDR		25.0 % IDR	

Acorde a los resultados obtenidos se logró obtener un aporte calórico en la botana de 30 g de 150 Kcal y de la botana de 50 g en 250 Kcal; es decir, 5 kcal/g de botana. Considerando una dieta promedio de 2,000 kcal al día, nuestra botana de 30 g aportaría 7.5% de la IDR, y la bolsa de 50 g aportaría 12.5% de calorías según la IDR.

### 9.1. CÁLCULOS:

⇒ Bolsa de 30 gramos (150 Kcal):

Lípidos:	$9.02 \times 9 = 81.2$ kcal
Proteínas:	$2.35 \times 4 = 9.4$ kcal
Carbohidratos:	$13.66 \times 4 = 54.6$ kcal
Fibra:	$3.68 \times 1 = 3.7$ kcal

⇒ Bolsa de 50 gramos (250 Kcal):

Lípidos:	$15.45 \times 9 = 139.0$ kcal
Proteínas:	$3.93 \times 4 = 15.7$ kcal
Carbohidratos:	$22.35 \times 4 = 89.4$ kcal
Fibra:	$6.13 \times 1 = 6.1$ kcal

## 10. ACTIVIDAD DE AGUA

El producto final se envaso al vacío y se le determino la actividad de agua, como parámetro para ver el posible desarrollo microbiológico en el producto, y su vida de anaquel.

Cuadro 33. Actividad de Agua de Materia Prima y Producto Final.

MUESTRAS	Aw
Plátano Deshidratado	0.30 ± 0.006
Cebes 08	0.29 ± 0.004
Botana	0.32 ± 0.006

Acorde a los resultados presentados en la tabla de actividad de agua y los datos de la figura 4 en la sección de Introducción, podemos ingerir que no habrá problemas de crecimiento microbiano, por su baja actividad de agua, ya que se genera a partir de una Aw de 0.6, tampoco se presentarían reacciones de rancidez oxidativa, ya que esta se empieza a generar por debajo de 0.2. Esto último es muy importante porque nuestro producto terminado tiene alto contenido de lípidos, por lo que podría generar características organolépticas no deseadas, debido a un mal almacenamiento.

De acuerdo a la actividad de agua obtenida, este nos genera un producto más estable, alargando la vida de anaquel del producto final.

## VII. CONCLUSIONES

Se elaboró una botana empleando plátano estado de madurez 5, deshidratado mediante un equipo solar utilizando una temperatura promedio de 49.36 ° C por 8 h, el cual posteriormente se sometió a un tratamiento térmico para generar una consistencia tipo crujiente, y manejando una temperatura de 150 ° C por 240 segundos.

Se empleó como recubrimiento de las rodajas del plátano un sustituto de manteca de cacao de nombre CEBES 30-80, el cual presento 99.69% de ácidos grasos saturados en su mayoría ácido Láurico y Mirístico, y 0.31% de ácidos grasos insaturados, principalmente Oleico y Araquidico. Se pretendía utilizar un sustituto de manteca de cacao que presentará menos cantidad de ácidos grasos saturados, pero mediante pruebas sensoriales, se observó una mayor aceptación por este tipo de sustituto de cacao.

La empresa que nos proporcionó el sustituto de cacao, AAK, está trabajando para la elaboración de un sustituto el cual presente de un 40-60% de ácidos grasos insaturados, generando un mayor beneficio a la salud de la población. Una de las ventajas del empleo de sustitutos en lugar de manteca de cacao es que se generan productos más competitivos en el mercado debido a la reducción de costos de la materia prima y así como de procesamiento.

En la base de manteca de cacao se adicionaron las vitaminas A, C, D y E, abasteciendo el 16.1% de la IDR de vitamina A, 40.3% de vitamina C, 25% de vitamina D y 25% del IDR de vitamina E. La incorporación de las vitaminas al producto terminado fue satisfactoria. Logrando obtener una botana fortificada y con características sensoriales adecuadas para el consumidor.

La botana se elaboró en dos presentaciones comerciales de 30 g y 50 g, aportando ambas presentaciones 5 Kcal/g. De acuerdo a la actividad de agua obtenida de 0.32, se podría esperar que la botana presente una vida de anaquel aceptable.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alander J, Andersson A, Bagge C, Bringsarve K, Hjorth M, Jahansson M. 2007. Vegetable oils and fats. 2º Edición. Editorial Alfaprint. Páginas 134-136.
- Badui S. 1993. Química de los Alimentos. 3º Edición. Editorial Pearson. México. Páginas 34-35.
- Baynes J., Dominiczak M. Bioquímica Médica. 2007. 2º Edición. Editorial Elsevier Mosby. España. Páginas 129-140.
- CODEX STAN 87-1981. Norma para el chocolate. Norma para el chocolate y los productos del chocolate.
- Fox B. y Cameron A. 2006. Ciencia de los Alimentos. Nutrición y Salud. México: Editorial LIMUSA Noruega Editores. Páginas 271-297.
- Ibarz A. y Barbosa-Cánovas G. 2005. Operaciones Unitarias en la Ingeniería de los Alimentos. Madrid. Editorial Mundi-Prensa. Páginas 583-592.
- Hatem S, Hesham A, Mostafa T, Gamal H. 2010. Osmotic dehydration of banana rings and tomato halves. Journal of American Science. Egypt.
- Latham M. 2002. Vitaminas. Colección FAO: Alimentación y Nutrición No. 29. Cap. 11.
- Marín E, Lemus R, Flores V, Vega A. 2006. La Rehidratación de los Alimentos Deshidratados. Revista Chilena de Nutrición. Vol. 33.
- Márquez M, Yepez C.E, Sútil-Naranjo R, Rincón M. 2002. Aspectos básicos y determinación de las vitaminas antioxidantes E y A. Investigación Clínica. Vol. 43.
- Marín V. 2008. Evaluación de propiedades sensoriales, texturales y de control de calidad sanitaria en plátano (*Musa paradisiaca*) deshidratado por un proceso de secado solar. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Químico Farmacobiología. Pag. 29.
- Montoya J, 2003. Estudio de la formación de bloom en el chocolate mediante técnica de difracción de rayos X. Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Información comercial y sanitaria.
- Prosky y col. 1988. Determinación de fibra dietética total en alimentos y productos alimenticios. AOAC.
- Rodiles L. 2009. Secado y evaporación. Revista TecnoAgro. Avances Tecnológicos y Agrícolas. Año 10. Número 48: 19-22.

Stella M, Guerrero S, Nieto A, Vidales S. 2004. Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. Manual de capacitación. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

Taiwo K. and Adeyemi O. 2009. Influence of blanching on the drying and rehydration of banana slices. African Journal of Food Science. Vol. 3: 307-315.

Velasquez, C.L.M. 2006. Cuba. Aspectos teóricos de la operación de secado y su aplicación en productos sólidos.

Walkira M, 2010. Solar drying of fruits and windows of opportunities in Ethiopia. African Journal of Food Science. Vol. 4, pp. 790 – 802.

Internet-01. <http://www.ucm.es/info/genetica/grupod/index.htm>

Internet-02. [seder.col.gov.mx](http://seder.col.gov.mx)

Internet-03. [infoagro.com](http://infoagro.com)

Internet-04. [infroaserca.gob.mx](http://infroaserca.gob.mx)

Internet-05. <http://articulos.infojardin.com/Frutales/fichas/cacao-cacaotero-theobromacacao.htm>

Internet-06. [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/ceniaphoy/articulos/n5/arti/rliendo.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n5/arti/rliendo.htm)

Internet-07. <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4893S/y4893s06.htm>

Internet-08. <http://www.revistaindustriayalimentos.com/r25/enportada.htm>

Internet-09. [www.catedu.es/ctamagazine/images/stories/articulo\\_del\\_mes/octubre2009/chips\\_vegetales.pdf](http://www.catedu.es/ctamagazine/images/stories/articulo_del_mes/octubre2009/chips_vegetales.pdf)

Internet-10. <http://gavityty.blogspot.mx/>

Internet-11. <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2178>

Internet-12. <http://www.agricultura.gob.do/Default.aspx?tabid=154>

Internet-13. <http://www.campocolima.gob.mx/paginaOEIDRUS/PaquetesTecnologicos/PTPlatano.pdf>

Internet-14. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lri/andrade\\_a\\_cm/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/andrade_a_cm/capitulo2.pdf)

Internet-15. <http://www.bluer.es/eliminacion-de-olores-en-la-industria-del-cacao.html>

Internet-16. [http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/06/06\\_comportamiento.html](http://docencia.udea.edu.co/qf/farmacotecnia/06/06_comportamiento.html)