



**Centro de Investigación en Alimentación y  
Desarrollo, A.C.**

**BOTANA NUTRITIVA Y NUTRACÉUTICA DE AVENA-MANGO  
Y SU OPTIMIZACIÓN MEDIANTE SUPERFICIE DE  
RESPUESTA**

---

Por:

**Yudit Aimeé Avilés Rivera**

TESIS APROBADA POR LA

COORDINACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE  
ZONAS TROPICALES Y SUBTROPICALES

Como requisito parcial para obtener el grado de

**MAESTRA EN CIENCIAS**

## APROBACIÓN

Los miembros del comité designado para la revisión de la tesis de Yudit Aimeé Avilés Rivera, la han encontrado satisfactoria y recomiendan que sea aceptada como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias.



Dra. María Dolores Muy Rangel  
Directora de Tesis



Dr. Manuel Alejandro Vargas Ortiz  
Integrante del comité de tesis



Dr. José-Basilio Heredia  
Integrante del comité de tesis



Dr. Juan Pedro Campos Saucedo  
Integrante del comité de tesis

## DECLARACIÓN INSTITUCIONAL

La información generada en la tesis “Botana Nutritiva y Nutracéutica de Avena-Mango y su Optimización Mediante Superficie de Respuesta” es propiedad intelectual del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD). Se permiten y agradecen las citas breves del material contenido en esta tesis sin permiso especial de la autora Yudit Aimeé Avilés Rivera, siempre y cuando se dé crédito correspondiente. Para la reproducción parcial o total de la tesis con fines académicos, se deberá contar con la autorización escrita de quien ocupe la titularidad de la Dirección General del CIAD.

La publicación en comunicaciones científicas o de divulgación popular de los datos contenidos en esta tesis, deberá dar los créditos al CIAD, previa autorización escrita del manuscrito en cuestión del director(a) de tesis.



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN  
ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO, A.C.  
Coordinación de Programas Académicos



Dr. Pablo Wong González  
Director General

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de posgrado.

Al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., CIAD- Coordinación Regional Culiacán, por permitirme realizar mis estudios de posgrado en sus instalaciones.

A mi directora de tesis la Dra. María Dolores Muy Rangel por recibirme en su equipo de investigación, por compartir sus conocimientos, experiencia, por su apoyo en la realización de este trabajo. A mi comité de tesis, al Dr. Manuel Alejandro Vargas Ortiz por siempre estar al pendiente en el trabajo realizado, por compartir todos sus conocimientos, el apoyo en todo momento, al Dr. Basilio Heredia y al Dr. Juan Pedro Campos saucedá, muchas gracias por su tiempo, conocimiento y esfuerzo para el desarrollo del trabajo.

Al equipo del Laboratorio de Nutrición, M.C. Verónica Pérez, M.C. Eduardo Sánchez, I.Q. Werner Rubio e I.B. Briseida Pérez, por todo el apoyo y disposición brindada durante el desarrollo del proyecto, pero sobre todo por su amistad, consejos, confianza en el desarrollo de las actividades.

A la M.C. Laura Contreras y M.C. Alexis Emús, por su apoyo en todo momento, consejos, y enseñanzas durante esta etapa, muchas gracias por todo.

A la IBQ Rosalba Contreras por todo tu apoyo y disponibilidad para trabajar en el laboratorio, así como para resolver cualquier duda durante el proceso.

A la M.C. Rosabel Vélez, por el apoyo brindado durante la realización de los análisis, por la confianza y los materiales brindados para agilizar la investigación.

A IBQ Celida Martínez, IBQ Miriam Vega, QFB Alexander Casian, Ing. Claudia Olmedo, M.C. Pedro Bastidas, el Ing. Isidro Márquez y el Ing. Luis Osuna muchas gracias por su apoyo y disponibilidad para la realización de mi investigación, sus conocimientos ayudaron en una parte importante de mi proyecto, gracias.

A mis compañeros de generación; Majo, Arleth, Lucy, Daizha, Judith, Eduardo, Manuel, Elizabeth, Juan Carlos y Aramis por todas las experiencias compartidas, por formar parte de esta etapa de mi vida y hacer más amena mi estancia en CIAD, los quiero.

A M.C Marilyn Criollo por su amistad, consejos y su apoyo; fue un gusto coincidir contigo amiga, gracias por todo. A la Dra. Jeny Hinojosa, M.C Mónica y I.B Leslie gracias por su apoyo y formar parte de esta etapa.

A los estudiantes de verano Sindi, Jenny, Miriam, Karla, Ceci, que me apoyaron en la realización de este proyecto, muchas gracias a cada uno de ellos.

## DEDICATORIA

A mi madre Reyna Rivera Ramírez por su apoyo incondicional, que ha estado conmigo en las buenas y en las malas, que me motivas a ser mejor cada día. Gracias mami.

A mi hijo Ángel Haziel Corral Avilés y esposo Ángel Rafael Corral García, por su paciencia, amor, por motivarme cada día a dar lo mejor de mí, muchas gracias. Te amo.

A mis hermanos: Erick, Edgar, Kevin por estar siempre cuando los necesito.

LOS QUIERO MUCHO

## CONTENIDO

<b>APROBACIÓN</b> .....	2
<b>DECLARACIÓN INSTITUCIONAL</b> .....	3
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	4
<b>CONTENIDO</b> .....	7
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	10
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	11
<b>RESUMEN</b> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	14
<b>2. ANTECEDENTES</b> .....	16
2.1. Tendencia Actual de la Alimentación .....	16
2.2. Botana.....	17
2.1.1. Clasificación de Botanas .....	17
2.1.2. Proceso de Elaboración de Botanas .....	18
2.1.3. Botanas Saludables.....	19
2.2. Cereales .....	20
2.2.1. Avena.....	20
2.2.2. Componentes Nutricionales de la Avena.....	21
2.2.2.1. Proteína.....	21
2.2.2.2. Fibra dietaria .....	21
2.3. Mango.....	22
2.3.1. Importancia Económica del Mango .....	22
2.3.1.1. Producción mundial.....	22
2.3.1.2. Producción nacional .....	22
2.3.2. Mango Ataulfo .....	24
2.3.3. Características Nutrimentales del Mango Ataulfo .....	25
2.3.4. Usos de Mango Ataulfo en Industrias .....	25
2.3.5. Subproductos de Mango .....	25
2.3.6. Componentes de Cáscara de Mango .....	26
2.3.6.1. Calidad nutricional .....	26
2.3.6.2. Calidad nutracéutica.....	27
2.3.6.3. Fibra dietaria .....	27
2.3.6.4. Compuestos fenólicos.....	27
2.4. Desarrollo de Alimentos con Cereales y Subproductos de Mango.....	28
2.5. Vida de Anaquel en los Alimentos .....	30
2.5.1. Factores que Influencian en la Vida de Anaquel de los Alimentos .....	31
2.5.1.1. Materia prima.....	31
2.5.1.2. Formulación del producto.....	32

## CONTENIDO (continuación)

2.5.1.3. Almacenamiento y distribución .....	32
2.5.2. Vida de Anaquel Acelerada .....	32
2.6. Evaluación Sensorial .....	34
2.7. Metodología de Superficie de Respuesta .....	35
<b>3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>36</b>
<b>4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>37</b>
<b>5. HIPÓTESIS .....</b>	<b>38</b>
<b>6. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>39</b>
<b>7. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>8. OBJETIVOS .....</b>	<b>41</b>
8.1. Objetivo General.....	41
8.2. Objetivos Específicos.....	41
<b>9. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>42</b>
9.1. Etapa Descriptiva .....	42
9.1.1. Obtención de Materia Prima .....	42
9.2. Etapa Experimental .....	42
9.2.1. Modelo de Superficie de Respuesta .....	43
9.2.2. Determinación de las Variables de Respuesta para el Modelo de Superficie de Respuesta .....	44
9.2.2.1. Proteínas .....	44
9.2.2.2. Fibra dietaria (soluble e insoluble).....	45
9.2.2.3. Fenoles totales.....	47
9.2.2.4. Taninos totales .....	47
9.3. Elaboración del Alimento.....	47
9.4. Caracterización de la Botana de Avena y Mango.....	48
9.4.1. Análisis de la Calidad Proximal.....	48
9.4.1.1. Determinación de humedad .....	48
9.4.1.2. Determinación de cenizas .....	49
9.4.1.3. Determinación de grasas.....	49
9.4.2. Análisis del Contenido de Minerales.....	50
9.4.2.1. Determinación de minerales .....	50
9.4.3. Análisis de la Calidad Fisicoquímicos .....	51
9.4.3.1. Determinación de color .....	51
9.4.3.2. Determinación de pH y acidez.....	51
9.4.3.3. Determinación de sólidos solubles totales (SST).....	51
9.4.4. Análisis de la Calidad Nutracéutica .....	52
9.4.4.1. Preparación de extracto .....	52
9.4.4.2. Capacidad antioxidante por DPPH.....	52
9.4.5. Análisis Microbiológicos.....	52

## CONTENIDO (continuación)

9.4.5.1. Análisis de hongos y levaduras.....	53
9.4.5.2. Análisis de <i>Echerichia coli</i> .....	53
9.4.5.3. Análisis de coliformes totales.....	53
9.4.5.4. Análisis de bacterias mesófilas aerobias.....	53
9.4.5.5. Análisis <i>Salmonella</i> spp.....	53
9.4.6. Evaluación Sensorial.....	54
<b>10. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>55</b>
10.1. Etapa Descriptiva.....	55
10.1.1. Caracterización Nutricional de los Ingredientes de la Botana.....	55
10.1.2. Composición Nutraceutica de la Harina de Cáscara y Pulpa de Mango.....	56
10.1.2.1. Fibra dietaria.....	56
10.1.2.2. Contenido de fenoles y taninos totales.....	56
10.1.2.3. Capacidad antioxidante.....	56
10.2. Etapa Experimental.....	57
10.2.1. Composición Nutricional de las Botanas de Avena y Mango.....	57
10.2.2. Composición Fisicoquímica de Botanas de Mango y Avena.....	60
10.2.3. Análisis de las Variables de Respuesta dela Metodología de Superficie de Respuesta.....	61
10.2.3.1. Proteína.....	62
10.2.3.2. Fibra dietaria.....	63
10.2.3.3. Fenoles totales.....	64
10.2.3.4. Taninos totales.....	65
10.2.4. Mezcla óptima de Botana de Avena y Mango.....	65
10.2.5. Caracterización de la Mezcla Óptima de Botana de Avena y Mango.....	67
10.2.5.1. Calidad nutricional.....	67
10.2.5.2. Calidad fisicoquímica.....	68
10.2.6. Evaluación Sensorial.....	70
10.2.7. Análisis de Vida de Anaquel de la Mezcla Óptima.....	71
10.2.7.1. Humedad.....	71
10.2.7.2. Textura.....	71
10.2.7.3. Rancidez.....	72
10.2.7.4. Color.....	74
10.2.7.5. Análisis microbiológicos.....	75
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>12. REFERENCIAS.....</b>	<b>77</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
1. Variedades de mango en México.....	24
2. Región experimental del diseño vértices extremos para obtener una mezcla óptima para una botana nutritiva y saludable.....	45
3. Contorno de contenidos de proteína, fibra dietaria, fenoles totales y taninos totales para encontrar la mezcla óptima de la botana avena-mango.....	68
4. Optimización de las variables de respuesta; d=deseabilidad, y=resultado de la variable de respuesta optimizada para la botana avena y mango. ....	69
5. Prueba de aceptación sensorial en botana de avena y mango. ....	73
6. Ácidos grasos libres en botana optimizada almacenadas a 35, 45 y 55°C.....	75
7. Gráfico del log de la vida útil en función a las temperaturas.....	76

## LISTA DE CUADROS

Cuadros	Página
1. Principales productores de mango en México (SIAP, 2016).....	23
2. Proporciones de los componentes para obtener la mezcla óptima de botana de vena y mango. ....	44
3. Ingredientes para obtener una botana de avena y mango. ....	48
4. Composición nutricional de la harina de cáscara y pulpa de mango Ataulfo.....	55
5. Contenido de fibra dietaria en harina de cáscara y pulpa de mango .....	56
6. Contenido de fenoles y taninos de la harina de cáscara y pulpa de mango. ....	59
7. Contenido proximal en porcentaje para botanas de avena y mango. ....	60
8. Composición de minerales ( $\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ) de botanas de avena y mango.. ....	60
9. Contenido de fibra dietaria de las mezclas de botana de avena y mango.....	61
10. Características fisicoquímicas de las botanas de avena y mango.....	62
11. Valores de color en las mezclas de la botana de avena y mango .....	63
12. Evaluación de las variables de respuesta que definen la calidad en las mezclas de botana de avena y mango .. .....	64
13. ANOVA del contenido de proteína del modelo de regresión cuadrático.. ....	65
14. ANOVA del contenido de fibra dietaria del modelo de regresión cúbico especial ...	66
15. ANOVA del contenido de fenoles totales del modelo de regresión lineal. ....	66
16. ANOVA del contenido de taninos totales del modelo de regresión lineal .....	67
17. Calidad nutricional de la mezcla optima de botana de avena y mango.....	69
18. Fibra dietaria de la botana óptima de avena y mango .....	70
19. Características fisicoquímicas de la mezcla óptima de botana de avena y mango. ...	70
20. Color en la mezcla óptima de avena y mango.....	71
21. Calidad nutracéutica de la botana óptima de avena y mango .....	72
22. Determinación de humedad, firmeza y rancidez en la botana de mango y avena de la mezcla óptima.. ....	73
23. Cálculo de vida útil en botana de avena mango a diferentes temperaturas. ....	76
24. Determinación de las variables para la vida útil de la mezcla óptima.....	77
25. Determinación de la calidad microbiológica de la botana óptima .....	77

## RESUMEN

El consumo de botanas a nivel mundial ha aumentado debido a los cambios de hábitos alimenticios en la población, relacionado principalmente al poco tiempo para preparar los alimentos en casa, la distancia de desplazamiento y la búsqueda de alimentos listos para su consumo. Sin embargo, la selección inadecuada y la falta de botanas saludables, ha contribuido al desarrollo de obesidad de los consumidores de este tipo de alimento, volviéndose el principal problema de salud en México. Para atender esta problemática, es necesario incrementar en el mercado la disponibilidad de botanas saludables, las cuales tienen la ventaja de ser de fácil consumo, proporción adecuada, bajas en grasa y sodio, algunas con ingredientes a base de insumos de origen vegetal que proporcionan fibra dietaria, minerales y vitaminas y otras con aportes importantes de proteínas, principalmente. Para el desarrollo de botanas saludables se busca la incorporación de subproductos de frutas como el mango, por su atractivo sabor, aroma, propiedades nutricionales y nutracéuticas; también por ser materia prima de fácil disponibilidad en México. Además, la sobresaturación del mango en el mercado requiere la búsqueda de valor agregado que permita reducir las pérdidas postcosecha. Por ello, en esta investigación se trabajó en el desarrollo de una botana nutricional y nutracéutica a base de avena y mango. La botana se elaboró con avena, harina de cáscara y pulpa de mango e ingredientes. El experimento se realizó bajo un análisis de superficie de respuesta de mezclas de vértices extremos con restricciones y tres componentes (avena, harina de cáscara de mango y pulpa de mango) teniendo como variables de respuesta el contenido de proteína, fibra dietaria, fenoles totales y taninos totales. Se realizaron 10 mezclas con diferentes proporciones de componentes. Para conocer la estabilidad y calidad de la botana de avena y mango se evaluó la calidad microbiológica, humedad, color, textura, ácidos grasos libres y evaluación sensorial durante su almacenamiento a temperatura ambiente. Se encontró que la botana de avena y mango que presentó las mejores características de calidad fue elaborada con la mezcla del 45.3, 5.5 y 28.2 % de avena, cáscara de mango y pulpa de mango, respectivamente; con valores de proteína 7.1 y fibra dietaria  $20.3 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , fenoles totales  $3.4 \text{ mg}$  de ácido gálico  $\cdot \text{g}^{-1}$  y ausencia microbiológica. En la evaluación de vida de anaquel acelerada (45 días a 35, 45 y 55°C) la botana de avena y mango optimizada logró mantener las variables de calidad, ausencia de microorganismos, buena aceptabilidad y se estimó una vida de anaquel estimada de 21 meses a 30°C. Finalmente, tecnológicamente fue factible elaborar una botana a base de avena, harina de cáscara de mango y pulpa de mango con buenas características nutricionales y nutracéuticas.

**Palabras claves:** botana, valor agregado, mezcla optima, avena, mango.

## ABSTRACT

The consumption of snacks worldwide has increased due to changes in dietary habits in the population mainly related to the short time to prepare food at home, the distance of travel and the search for ready-to-eat foods. However, inadequate selection and lack of healthy snacks has contributed to the development of obesity of consumers of this type of food, becoming the main health problem in Mexico. To address this problem, it's necessary to increase the availability of healthy snacks in the market, which have the advantage of being easy to consume, adequate proportion, low in fat and sodium, some with ingredients based on plant-based inputs that provide dietary fiber, minerals and vitamins, and others with important contributions of proteins, mainly. Therefore, for the development of healthy snacks, the incorporation of fruit by-products such as mango is sought, for its attractive flavor, aroma and nutritional and nutraceutical properties; It's also an easily available raw material in Mexico. In addition, the oversaturated mango in the market, requires the search for added value that allows to reduce post-harvest losses. Therefore, this research focused on the development of a nutritional and nutraceutical snack based on oat and mango. The snack was made with oatmeal, peel flour and mango pulp, as well as other ingredients. The experiment was carried out under a response surface analysis of mixtures of extreme vertices with restrictions and three components (oats, mango peel flour and mango pulp) having as response variables protein, dietary fiber, total phenols and total tannins. Ten mixtures with different proportions of components were made. To know the stability and quality of the oatmeal and mango snack, the microbiological quality, humidity, color, texture, free fatty acids and sensory evaluation were evaluated during storage at room temperature. It was found that the oatmeal and mango snack that presented the best quality characteristics were those made with the mixture of 45.3, 5.5 and 28.2% oats, mango peel and mango pulp, respectively; with values of protein 7.1 g·100g and dietary fiber 20.3 g·100g<sup>-1</sup>, total phenols 3.41 mg of gallic acid·g<sup>-1</sup> and microbiological stability. From the accelerated shelf life evaluation (45 d at 35, 45 and 55 ° C), the optimized oatmeal and mango snack managed to maintain the variables of quality, absence of microorganisms, good acceptability and a shelf life of 21 months was estimated if stored at 30 ° C. Finally, it was technologically feasible to make an oatmeal snack, mango peel flour and mango pulp with good nutritional and nutraceutical characteristics.

**Keywords:** snack, added value, optimal mix, oats, mango.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las botanas son alimentos que siempre han formado parte importante en la vida y dieta de todas las personas, ya que pueden cubrir alguna necesidad nutricional, social o psicológica. Según la Norma Oficial Mexicana (NOM-187-SSA1-SCFI-2002), las botanas se pueden elaborar a partir de pasta de harinas, cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutos, semillas. Estos pueden ser nixtamalizados, deshidratados, fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (Cuellar Nuñez, 2014). Sin embargo, la botana se ha utilizado para satisfacer temporalmente el apetito y se considera una comida ligera. El consumo de alimentos tipo botana ha aumentado a nivel mundial, dado a los estilos de vida de ser humano con actividades más dinámicas, los horarios de trabajo prolongados, mayores distancias de desplazamiento del trabajo al hogar. Lo que ha provocado a elegir alimentos de fácil acceso, sensorialmente atractivos y que logren saciar el hambre. Sin considerar, en ocasiones, el contenido elevado en grasa, sodio, azúcares, aditivos, entre otros, que propician algunas enfermedades crónico-degenerativas en los consumidores (Clementz y Delmoro, 2011).

En este sentido, es importante incrementar el desarrollo de botanas saludables con características nutrimentales, nutracéuticas y sensorialmente atractivas, para ofrecer a los consumidores alternativas de selección de botanas saludables. Para elaborar un producto con mejores propiedades para la salud de los consumidores, es necesario utilizar materia prima que aporte algún beneficio al producto y un atractivo sensorial (sabor, aroma, color), este último para mejorar su comercialización. Por ello, se propone la elaboración de una botana horneada elaborada a base de avena y mango en busca del aprovechamiento de la cáscara y pupa de mango como materia prima; ya que, presentan un aporte nutracéutico (fibra, y compuestos con capacidad antioxidante), minerales y excelente sabor y aroma a los productos. En particular la avena, además de ofrecer proteínas, fibra y minerales; ha sido utilizada como materia prima base para la formulación de alimentos tipo botana. En este sentido, Ashoush y Gadallah (2012) elaboraron galletas a base de trigo y harina de cáscara de mango, las cuales resultaron muy aceptables, con aporte nutricional y nutracéutico. Así mismo, Ramírez-Maganda et al. (2015) utilizaron harina de cáscara de mango para la elaboración de magdalenas (panecillos), logrando como resultado un producto aceptable

con aporte nutricional en proteína y nutracéutico con fibra dietaria y polifenoles. En otra investigación realizada por Blanca-Benítez et al. (2015), ellos desarrollaron un bocadillo utilizando mango para el remplazo de caña de azúcar y de esta manera se obtuvo un alimento aceptable, mejorando el contenido de fibra dietaria y polifenoles; disminuyendo considerablemente la cantidad de azúcar al producto.

Aunado a esto, en entidades productivas de mango, se busca la máxima explotación del producto fresco, reducir las pérdidas postcosecha y alternativas de valor agregado, donde actualmente se está considerando la elaboración de productos de mango con mayor aporte nutricional. Es por ello que, el objetivo de este proyecto fue desarrollar y optimizar el proceso para obtener una botana a base de avena, pulpa y harina de cáscara de mango que ofrezca calidad nutritiva, nutracéutica, sensorial con estabilidad a temperatura ambiente.

## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Tendencia Actual de la Alimentación

El constante incremento en la población a nivel mundial, requiere aumentar la demanda de productos agrícolas y fomenta las actividades agrarias, ya que la urbanización demanda alimentos que puedan ser procesados, transportados, almacenados y distribuidos con facilidad. Por tanto, el procesado y la distribución de los alimentos han pasado a ser factores clave en la transformación de los sistemas alimentarios (FAO, 2017).

Para elegir una alimentación con aporte de nutrientes esenciales y la energía necesaria que cada persona requiere para mantenerse sana, es necesario incluir un balance adecuado de proteínas, hidratos de carbono, lípidos, vitaminas, minerales y agua; los cuales son dependientes del individuo (FAO, 2011). El tener una alimentación saludable ayuda a prevenir una mala nutrición en todas sus formas, así como distintas enfermedades y diferentes afecciones. Sin embargo, el aumento de la producción de alimentos procesados, la rápida urbanización y el cambio en los estilos de vida, han dado lugar a un cambio en los hábitos alimentarios del ser humano hacia la demanda de alimentos listos para su consumo, cocción rápida y alimentos instantáneos (Pineda, 2007; OMS, 2015) sin considerar en ocasiones, la calidad y contenido de los ingredientes.

Con el propósito de atender la necesidad de alimentación, es importante considerar algunos aspectos de: convivencia (alimentos preparados), placer (alimentos atractivos) y salud (alimentos saludables). Los productos tipo botana presentan una amplia variedad en el mercado, elaboradas con ingredientes básicos como leche, chocolate, azúcares, almidón, fécula, frutos secos y carne, entre otros, donde la creatividad y la tecnología logran diversificar este tipo de productos (Cuellar Nuñez, 2014). Las botanas son un tipo de alimento que se utiliza para satisfacer el hambre temporalmente y proporciona una mínima cantidad de energía para el cuerpo.

## 2.2. Botana

Según la Norma Oficial Mexicana (NOM-187-SSA1-SCFI-2002), se define como botana a los productos de pasta de harinas, de cereales, leguminosas, tubérculos o féculas; así como de granos, frutas, frutos, semillas o leguminosas con o sin cáscara o cutícula, tubérculos; productos nixtamalizados y piel de cerdo, que pueden estar fritos, horneados, explotados, cubiertos, extruidos o tostados; adicionados o no con sal y otros ingredientes opcionales y aditivos para alimentos (Cuellar-Núñez, 2014).

Este tipo de alimentos se consumen regularmente fuera de casa de forma ocasional a continua, debido a que actualmente se vive un estilo de vida más agitado, los horarios de trabajo son prolongados, lo que exige elegir alimentos listos para su consumo de una proporción adecuada y suficiente (Clementz y Delmoro, 2011). Por otro lado, el crecimiento de este tipo de alimento está siendo perjudicado por factores contrapuestos: la obesidad infantil y la tendencia a consumir productos saludables (bajos en grasa, en azúcar y sal). Esto obliga a buscar nuevas alternativas de procesos y materias primas más saludables para la elaboración de botanas (Statistica, 2016; Pineda, 2007).

### 2.1.1. Clasificación de Botanas

En las industrias alimentarias encargadas de la elaboración de botanas, estas últimas se clasifican en tres categorías (Gómez, 2013)

- Primera generación: Son productos naturales, sin extrudir, entre ellos nueces, palomitas y alimentos mínimamente procesados, como las papas fritas.
- Segunda generación: Productos elaborados de un solo ingrediente, por expansión, pueden ser horneados o fritos. Por ejemplo: totopos, tostadas, entre otros.
- Tercera generación: Elaboradas de múltiples ingredientes, por medio de extrusión, conocidas por ser indirectamente expandidas, debido a que después de la expansión, es necesario someterlas a un proceso de fritura en aceite caliente o expansión con aire caliente.

Las botanas, pueden elaborarse por diferentes métodos de procesamiento, definidos en el siguiente apartado.

### **2.1.2. Proceso de Elaboración de Botanas**

Las botanas o aperitivos pueden ser elaborados a partir de cereales, tubérculos, carne, pescado, entre otros ingredientes, utilizando diferentes métodos de procesamiento, con el fin de modificar sus características fisicoquímicas y sensoriales.

Para tener éxito en el mercado actual, los fabricantes de botanas deben adaptarse a las necesidades y estilo de vida de los consumidores, además de ofrecer opciones que contribuyan a la implementación y seguimiento de una dieta saludable con bajo contenido en grasas y sal, buen aporte sobre los valores nutricionales y con un gran sabor (OMS, 2015).

Las botanas pueden ser elaboradas mediante diferentes métodos de procesamiento para lograr las características nutricionales, fisicoquímicas y sensoriales únicas, y logrando así obtener botanas saludables.

2.1.2.1. Proceso de fritura. El proceso de freídos en productos alimenticios se basa en un proceso físico-químico, en el cual el producto a freír se cocina en aceite caliente durante determinado tiempo a temperaturas entre 175°C -195°C; el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme en el alimento para favorecer una rápida coagulación de las proteínas de la superficie del producto y provocar una casi impermeabilización del mismo (Suaterna, 2009). El freído en aceites se utiliza comúnmente en la producción de botanas, tanto de manera comercial como de uso doméstico. Los alimentos fritos son considerados como fuentes ricas de energía, que imparte características agradables de color, textura y sabor al producto (Tiwari et al., 2009). Sin embargo, la tendencia actual es el cambio de botanas horneadas por fritas, estas con características sensoriales competentes.

2.1.2.2. Proceso de extrusión. Es una tecnología a bajo costo y alta eficiencia, que puede ser utilizado para el procesamiento de cereales o almidones en productos industriales y alimentarios, como alimentos botanas, cereales listos para su consumo y fórmulas infantiles. La cocción por extrusión generalmente se refiere a la combinación del calentamiento de productos en el extrusor para crear un producto cocinado y con forma. Materiales crudos, como harinas, almidones, proteínas, sal, azúcar y otros ingredientes minoritarios son mezclados, cortados, cocinados para formar una masa semejante a un plástico (Bhattacharya, 2004).

Dentro de los alimentos extruidos se pueden obtener una amplia variedad de productos de diferentes sabores (miel, chocolate, entre otros), formas (cilindros, bolitas, animales, inflados, hojuelas, entre otros), texturas (desde duros-densos hasta suaves-crujientes) y de variados colores. El proceso involucra la exposición de la materia prima a la alta presión, temperatura y corte, que permite la destrucción completa o parcial de la forma cristalina del almidón y la degradación macromolecular del mismo para generar alimentos aceptables (Guy, 2000a).

2.1.2.3. Proceso de horneado: El proceso de horneado en los alimentos se basa en la preparación dentro del horno, colocándolos sobre bandejas o cazuelas especiales y sometiéndolo al calor que se transmite por radiación y convección y a una temperatura elevada (200°C). Antes de introducir los alimentos hay que precalentar el horno a 180-220° C, según el alimento a preparar. El calor pasa al alimento por radiación desde las paredes del horno de forma que se transfiere a la superficie del mismo (Nieto, 2014).

### **2.1.3. Botanas Saludables**

Las botanas pueden ser consideradas como saludables si son elaboradas con frutas, vegetales o cereales cuidadosamente procesados. Los cuales contienen bajo contenido de sodio ( $\leq 140$  mg/porción), azúcar ( $\leq 25\%$  del original) y grasa ( $\leq 25\%$  del original) (Pineda, 2007); aporte nutricional como lo son proteínas, minerales y vitaminas; además de nutraceuticos como lo es la fibra dietaria soluble e insoluble; antioxidantes como polifenoles, carotenoides y ácido ascórbico.

Para su elaboración la industria alimentaria está considerando los siguientes aspectos: adecuación de procesos tecnológicos capaces de guardar la calidad nutricional de los productos: como la deshidratación (Henríquez et al., 2014).

Se pueden utilizar distintos alimentos para la elaboración de botanas saludables. Los más populares son: papas, productos de maíz, botanas extrudidas, productos de trigo, arroz y avena. El ingrediente más utilizado para el desarrollo de botanas saludables es el maíz (Delgado-Nieblas et al., 2011).

## 2.2. Cereales

Los cereales, su nombre se deriva de Ceres, la diosa romana de la agricultura, pertenecen a un grupo de plantas dentro de otro más amplio: las gramíneas, se han cultivado por sus semillas comestibles y forman una parte importante de la dieta de muchas personas; los cereales más utilizados en la alimentación humana son el maíz, el trigo y el arroz, pero también resultan importantes la avena, la cebada, el centeno y el mijo. Algunos cereales, como es el caso del trigo, la espelta y el centeno contienen gluten, una proteína especial, que permite la elaboración de pan, y por eso se les llama cereales panificables (Ramos, 2013).

### 2.2.1. Avena

La avena pertenece a la familia de las gramíneas. Las especies más importantes son la avena roja (*Avena byzantina*) y la blanca o amarilla (*Avena sativa*). Su harina posee 14% de proteínas, 7% de grasas y 68% de carbohidratos, se incluyen a las fibras solubles e insolubles (Ruiz et al., 2011). La avena es un cereal cuyo grano completo contiene un alto contenido en fibra dietética soluble, en la que se incluye el beta-glucano, aportando también proteínas; lípidos; minerales como: folatos, zinc, hierro, selenio, cobre y manganeso. Así como vitamina E, carotenoides, betalainas, colina, aminoácidos y polifenoles. Además, la avena no contiene gluten, de ahí que sea un cereal bien tolerado por la mayoría de las personas con la enfermedad celíaca (Clemens et al., 2014).

Estudios se han enfocado en evaluar la eficacia del consumo de los cereales del grano completo, para la prevención y control de la enfermedad cardiovascular, diabetes, regulación de la presión arterial, control de peso, salud gastrointestinal por su contenido en fibra y fitoquímicos, principalmente (Ortega et al., 2015; Varma et al., 2016). Algunas investigaciones sobre el consumo de avena han mostrado un efecto positivo en la reducción del colesterol en sangre y en la reducción del riesgo de enfermedad coronaria en humanos, en general atribuyendo este efecto a la beta-glucano, más que a la fibra soluble (Whitehead et al., 2014; Wolever et al., 2010). Por ello, el uso como alimento animal ha disminuido y ha incrementado el interés como un alimento para la salud humana (Ahmad et al., 2018).

### **2.2.2. Componentes Nutricionales de la Avena**

La avena es una buena fuente de carbohidratos y proteínas de calidad, además, de un alto contenido de lípidos, especialmente ácidos grasos insaturados, minerales, vitaminas y fitoquímicos (Rosane et al., 2015).

2.2.2.1. Proteína. La avena es considerada como una fuente de bajo costo con un buen valor nutricional, tiene un alto contenido de proteína (11 a 15%). En los cereales las proteínas se clasifican según su solubilidad: albúminas (solubles en agua), globulinas (solubles en agua salada), prolaminas (solubles en solución diluida de alcohol) y glutelinas (solubles en ácidos o bases) (Klose et al., 2009; Rasane et al., 2015).

2.2.2.2. Fibra dietaria. Son sustancias de origen vegetal que no se digieren en el tracto gastrointestinal. Se encuentra en las paredes celulares del grano. Según la Asociación Americana de Químicos de Cereales (AACC), una fibra dietética se define como "la parte comestible de una planta o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano con una fermentación completa o parcial en el intestino grueso. Incluye

polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias vegetales asociadas (Badui, 2013). En un estudio realizado por Elke, (2013) reportó valores de fibra dietaria de 20 a 38 g/100g para avena.

### 2.3. Mango

El mango (*Mangifera indica* L.), tiene su origen en India y Myanmar donde ha sido cultivado por más de 4000 años (Nakasone y Paull, 1998). Pertenece a la familia Anacardiaceae y es una de las frutas tropicales más importantes del mundo, gracias a su agradable sabor y aroma, y alto valor nutricional (Torres-León., 2016). La familia Anacardiaceae contiene 73 géneros y entre 600-700 especies, conocidas por la presencia de resinas cáusticas en las hojas, la corteza y las frutas. Varios de estos, incluido el mango, pueden causar algún tipo de dermatitis en humanos. El género *Mangifera* contiene alrededor de 60 especies, de las cuales alrededor de 15 producen frutos comestibles, entre ellos *M. sylvatica*, un posible antepasado de *M. indica*. Actualmente, hay más de 1000 variedades de mango, cuya nomenclatura es a veces complicada debido a ciertos regionalismos (Vasanthaiah et al., 2007).

#### 2.3.1. Importancia Económica del Mango

2.3.1.1. Producción mundial. Se estima que la producción mundial de mango es de 42 millones de toneladas por año; India es el mayor productor con 18 millones de toneladas anuales, seguido de China, Kenia, Tailandia, Indonesia, Pakistán y México (SIAP, 2016).

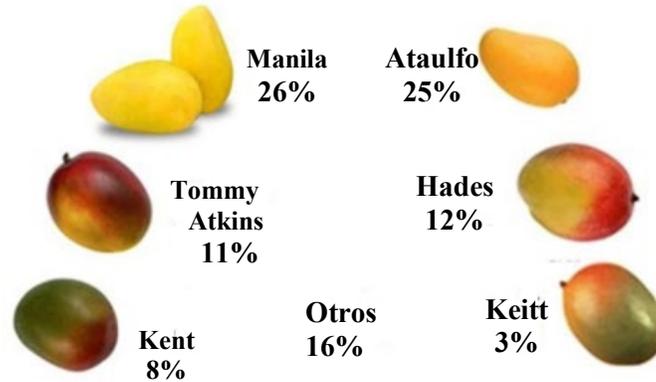
2.3.1.2. Producción nacional. México ocupa el 5to lugar como el mayor exportador con 1.88 millones de toneladas. Actualmente el consumo per cápita de esta fruta es de 11.6 kg y se cultiva en 23 estados de la república mexicana, entre los que destacan por su volumen de producción Guerrero, Sinaloa, Nayarit y Chiapas (SIAP, 2016).

La producción de mango en México aumentó en 36%, al pasar de 1.3 a 1.8 millones de toneladas, por lo que se ha logrado comercializar en 27 destinos internacionales, entre los que se encuentran Estados Unidos, Canadá, Rusia, Australia, Noruega, España, Francia, Italia y Reino Unido, según informes de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (SIAP, 2016). En el Cuadro 1 se muestran los principales productores de mango en México.

Cuadro 1. Principales productores de mango en México (SIAP, 2016).

<b>Estado</b>	<b>Producción (Ton)</b>	<b>Rendimiento (Ton/Ha)</b>	<b>Valor de la Producción (Miles de Pesos)</b>
<b>Guerrero</b>	372,282.67	15.55	1,758,953.46
<b>Sinaloa</b>	339,530.42	10.74	539,652.46
<b>Nayarit</b>	311,218.24	12.61	516,180.14
<b>Chiapas</b>	238,429.53	7.26	1,086,323.99
<b>Michoacán</b>	144,675.07	7.01	653,921.30
<b>Oaxaca</b>	141,082.97	8.97	412,472.63
<b>Jalisco</b>	113,607.53	14.59	300,949.32

Las variedades de mango más importantes en México son Manila, Ataulfo (que representa uno de cada cuatro mangos mexicanos y cuenta además con denominación de origen), Manila, Tommy Atkins, Haden y Kent (Figura 1) que conjuntamente aportan 81.2% de la producción nacional (SAGARPA 2012).



**Figura 1.** Variedades de mango en México

### 2.3.2. Mango Ataulfo

Los principales productores de mango Ataulfo son los estados de Chiapas (36%), Guerrero (29%) y Nayarit (19%); los cuales registran un 84% del volumen generado en el país. El mango Ataulfo presenta producción, sin embargo, en los meses de mejor cosecha son de abril-agosto se recolecta de 8-10 ton·ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2015).

El mango posee características particulares por su interacción con los factores agroecológicos y en torno a éste, se ha generado un desarrollo económico en beneficio de los productores y de la población (SAGARPA, 2018). El mango Ataulfo es una variedad mexicana que ha demostrado ser un éxito en el mercado internacional porque tiene características sensoriales únicas: consistencia firme, drupa regordeta y dulce, baja acidez y aroma intenso (Blanca-Benítez et al., 2015).

El mango 'Ataulfo' con denominación de origen "Mango Ataulfo del Soconusco Chiapas" ha incrementado su importancia económica. Sin embargo, su comercialización se ve afectada por la maduración acelerada, pérdida de firmeza y desarrollo de enfermedades; así como buen hospedero de la mosca de la fruta *Anastrepha ludens* y *Anastrepha obliqua*. Por lo que, si se quiere exportar este fruto se debe seguir un plan de manejo integrado de los huertos, mismo que es exigido por los países compradores como requisito para permitir la importación (Infante et al., 2011; Muy et al., 2009).

### **2.3.3. Características Nutrimientales del Mango Ataulfo**

El mango contiene un 33-85% de pulpa comestible, con 9-40% de semilla y 7-24% de cáscara Medina y García, (2002). En promedio, la parte comestible (la pulpa) del mango presenta 85% de agua, 0.9% de fibra, 0.5% de ceniza, 0.2% de grasa y 15.8% de carbohidratos. Se reporta que la semilla contiene 44 % de humedad, 6 % de proteína, 12.8% de grasa, 32.8% de carbohidratos y 2 % de cenizas (Elegbede et al., 1995). Así mismo, Morton (1987) reportó que la harina de semilla de mango contiene 5.56% de proteína, 16.17% de grasa, 0.35% de ceniza y 69.2% de carbohidratos (OkpalaL, 2013).

### **2.3.4. Usos de Mango Ataulfo en Industrias**

Actualmente, los principales productos industriales obtenidos a partir de frutas de mango son puré, rodajas en jarabe, néctar, encurtidos, rodajas de conservas, deshidratados y chutney. De donde se generan subproductos durante el procesamiento tales como la cáscara y semilla. Dependiendo de los cultivares y productos elaborados, sus subproductos industriales, es decir, cáscaras y semillas, representan 35-60% del peso total de la fruta (Pathak, 2016).

Así mismo, el mango se ha utilizado en las industrias en la fabricación de varios productos como lo son: mango en almíbar, mermelada de mango, mango deshidratado, ate de mango, néctar de mango, chutney de mango, mango en vinagre, salsa de mango y mango en polvo, también se ha realizado la evaluación fisicoquímica, sensorial y nutrimental de cada uno de estos productos elaborados (Villanueva-Rodriguez, 2016).

### **2.3.5. Subproductos de Mango**

Durante la industrialización del mango se generan subproductos como: cáscara, semilla, pulpa y

jugo, los cuales son desechadas en grandes cantidades lo que provoca contaminación; por ello, es necesario tomar medidas oportunas para dar un tratamiento o buscar técnicas sustentables para el aprovechamiento o desintegración de estos subproductos (Jahurula et al., 2015).

La cáscara de mango comprende aproximadamente del 7-24% del peso total de la fruta y es considerada como subproducto del procesamiento industrial o el consumo de la fruta (Iqbala et al., 2009). Ha presentado gran interés científico debido a compuestos fitoquímicos, polifenoles, carotenoides, enzimas, vitamina E y vitamina C, con propiedades funcionales (Ajila et al., 2007). Además, un estudio realizado por Sorgi et al. (2013) indicaron que la cáscara de mango es una fuente de fibra dietética, también contiene celulosa, hemicelulosa, lípidos, proteínas, enzimas y pectina, los cuales son beneficiosos para la salud; por lo que, puede ser utilizada como ingrediente valioso para aplicaciones alimentarias. Se reporta el aprovechamiento de la cáscara de mango en la elaboración de productos como fideos, pan, bizcochos, galletas y otros productos de panadería (Aziz et al., 2012).

Se ha demostrado que la cáscara de mango contiene 2.16-2.66 % de grasas, también determinaron los principales antioxidantes como polifenoles, las antocianinas y los carotenoides en los extractos de cáscara de mango indio Raspuri y Badami (maduro y crudo) (Ajila et al., 2007; Torres-León et al., 2018); mostrando que las cáscaras maduras contenían mayores cantidades de antocianinas (360-365 mg/100 g) y carotenoides (194-436  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) en comparación con las cáscaras verdes, mientras que las cáscaras de mango verdes tenían un alto contenido de polifenoles (90.18-109.7  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), demostrando que son una buena fuente de polifenoles, antocianinas y carotenoides.

### **2.3.6. Componentes de Cáscara de Mango**

2.3.6.1. Calidad nutricional. Las propiedades nutricionales de los alimentos se relacionan con la presencia de biomoléculas (por ejemplo, proteínas, minerales, grasa, vitaminas, entre otras) a cuáles aportan los nutrientes necesarios a los consumidores y bajo la consideración reportada de la ingesta diaria recomendada (IDR). El consumo de productos de buen aporte de IDR ayudan a la buena alimentación. La cáscara de mango aporta carotenoides como el  $\beta$ -caroteno precursor de vitamina A y minerales (Tharanathan et al., 2006).

Los compuestos fenólicos son componentes importantes de la fibra dietética presente en las frutas y los jugos. Los subproductos de la industria de procesamiento de frutas y verduras son una rica fuente de fibra dietética (Ajila y Prasada-Rao, 2013), en investigaciones realizadas por Torres-León et al. (2018) e Ibarra et al. (2015) reportaron valores de fibra en cáscara de mango de 16 a 30 g·100g<sup>-1</sup>.

2.3.6.2. Calidad nutracéutica. Las propiedades nutracéuticas de alimentos son sustancias bioactivas presentes en los alimentos tales como fibras y compuestos químicos como los fenoles, pigmentos naturales, entre otros. Su consumo presenta algunos beneficios en la salud, especialmente en el tratamiento de enfermedades degenerativas, obesidad, entre otras.

2.3.6.3. Fibra dietaria. Es utilizada como ingredientes alimentarios funcionales en los alimentos procesados debido a sus posibles beneficios para la salud. Sus efectos saludables se relacionan con la disminución del colesterol en la sangre, también se asocia con compuestos antioxidantes como los polifenoles. Existe un interés creciente en las propiedades beneficiosas de la fibra dietética asociada a los antioxidantes polifenólicos (Cruz et al., 2015).

La composición de carbohidratos y los compuestos fenólicos unidos en la fibra dietética de las cáscaras de mango fueron determinados por Ajila & Prasada-Rao (2013), donde el contenido total de fibra dietética varió de 40.6 a 72.5% y se cuantificó la presencia de galactosa, glucosa y arabinosa como los principales azúcares neutros en las fibras dietéticas insolubles y solubles. También, estos mismos autores, encontraron que los contenidos polifenólicos y flavonoides unidos variaron de 8.1 a 29.5 y 0.101 a 0.392 mg·g<sup>-1</sup>, respectivamente. Así mismo, informaron que los ácidos fenólicos unidos eran ácidos gálicos y la quercetina, considerados como los principales flavonoides en las cáscaras. Según Ajila & Prasada-Rao (2013), la cáscara de mango se puede utilizar como alimentos funcionales ya que es rica en fibra dietética y fenoles unidos.

2.3.6.4. Compuestos fenólicos. Los compuestos fenólicos se derivan del grupo fenol, de un anillo aromático con un grupo hidroxilo, son compuestos naturales derivados del metabolismo secundario

de las plantas. Algunos son indispensables para llevar a cabo funciones fisiológicas y otros sirven como defensa ante situaciones de estrés producidas por factores bióticos y abióticos en las plantas (Bravo, 1998) (Lizárraga y Hernández, 2018).

Los compuestos fenólicos se encuentran ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, cereales, legumbres y bebidas como el vino tinto y el té verde; estos proporcionan colores intensos a los vegetales; en especial, rojo, azul, violeta, amarillo y naranja y son responsables de otorgar protección ante amenazas ambientales a través de sus propiedades antimicrobianas, de protección solar y antioxidantes. Los antioxidantes previenen del daño oxidativo a nivel celular que pueden ocasionar los radicales libres producidos durante diversas reacciones químicas o fisiológicas (Lizárraga y Hernández, 2018).

El consumo de alimentos con la propiedad antioxidante se ha relacionado directamente con beneficios para la salud, debido a que su ingesta reduce la incidencia de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y el cáncer. La propiedad antioxidante de los polifenoles se atribuye principalmente a su capacidad para reducir el estrés oxidativo a nivel celular mediante la neutralización de especies reactivas al oxígeno (Zhang y Tsao, 2016).

#### 2.4.Desarrollo de Alimentos con Cereales y Subproductos de Mango

La cáscara de mango variedad Ataulfo es una fuente de diversos compuestos químicos de importancia nutricional y funcional con potencial bioactivo, que pueden ser utilizados para complementar otros productos comestibles, y así aumentar su valor nutricional. En busca del valor agregado de la cáscara de mango, es importante buscar una materia prima que pueda complementar atributos de calidad y aceptabilidad como los cereales.

Se ha estudiado el efecto de la cáscara de mango añadida a macarrones de trigo sobre las propiedades de cocción, firmeza, características nutricionales y sensoriales; donde los macarrones con mango mejoran la calidad nutricional sin afectar las propiedades de textura y sensoriales (Ajila et al., 2010).

También, se ha evaluado el uso de la harina de cáscara de mango en diferentes proporciones (5, 10, 15 y 20%) y harina de germen de mango (20, 30, 40 y 50%) en la elaboración de galletas, sobre

las propiedades reológicas, físicas, sensoriales y antioxidantes de las mezclas; las diferentes mezclas de galletas se les evaluó el color, apariencia, textura, en una escala hedónica de 9 puntos y los resultados indicaron que la harina de cáscara de mango contiene alto contenido en cenizas, fibra y capacidad de retención de agua. Mientras que, la semilla de mango se distingue por presentar una mayor cantidad de grasa y proteína que la cáscara de mango, logrando elaborar un bizcocho aceptable con proporciones de 10 % de cáscara de mango, 40% de semilla de mango y 50% de trigo y de esta manera aumentar el contenido de compuestos fenólicos de 3.8 a 24.4 mg AG·g<sup>-1</sup> y así, el contenido de antioxidantes (Ashoush y Gadallah, 2012).

También, se realizó la incorporación de harina de cáscara de mango y semilla de mango en cantidades de 20, 30 y 50% en el reemplazo de la formulación original de galletas de trigo, logrando incorporar hasta un 30% de harina de cáscara de mango y semilla de cáscara de mango. Con esta formulación logró obtener galletas con mayor contenido de fenólicos al pasar de 3.4 mg GAE·g<sup>-1</sup> a 15.3 mg GAE·g<sup>-1</sup> iniciales a 22.4 mg GAE·g<sup>-1</sup> de galletas con semilla de cáscara de mango. Los resultados indican que las cáscaras y semillas de mango para la formulación de galleta mejoró su calidad nutricional y funcional sin afectar las propiedades sensoriales y de textura del producto final (Kakali et al., 2014).

Con el propósito de utilizar los subproductos del procesamiento de mango como ingrediente alimenticio de valor agregado, se elaboró un producto panificado conocido como “magdalenas” con sustitución de la harina de trigo en un 50% y el azúcar de caña de 75%; se realizaron análisis sensoriales, composición química, actividad antioxidante y propiedades de hidrólisis de almidón al producto. En las magdalenas se logró incorporar hasta 75% de subproducto sin afectar la aceptabilidad general y aumentó el contenido de polifenoles: 1.9 a 5.4 g de EAG·g<sup>-1</sup> PS, DPPH 104 a 108.5 μmol TE·g<sup>-1</sup> PS y FRAP 34.1 a 19.1 mmol TE·g<sup>-1</sup> PS (Ramírez-Maganda et al., 2015).

Para la elaboración de pan de trigo con mayor calidad nutracéutica, se determinó el efecto de harina de cáscara de mango maduro con una sustitución de a 0, 1, 3 y 5%, se evaluaron las propiedades reológicas, físicas, de textura, color, antioxidantes y sensoriales del pan de trigo integral. Como resultado se logró incorporar hasta un 3% de harina de cáscara de mango sin afectar su aceptabilidad. Además, en la capacidad antioxidante por DPPH se mostró un valor de inhibición de 21.69 a 50.29 % lo que resulta en un aumento de 2.5 veces, comparado con el control (Pathak, 2016).

Para bocadillos de mango moldeados con almidón se utilizó el concentrado de mango Ataulfo y

subproductos de mango 'Ataulfo' seco, en diferentes proporciones de mezcla (75:25, 50:50, 25: 75) para reemplazo total de caña de azúcar, sobre propiedades físicas, sensoriales, fibra dietaria, polifenoles y capacidad antioxidante. Estos resultados sugieren que una incorporación (50:50) concentrado/subproductos secos de mango a bocadillos moldeados con almidón mejora la fibra dietaria y polifenoles, reduciendo el contenido de azúcar sin afectar los parámetros físico-químicos, como el color y pH (Blanca-Benítez et al., 2015).

## 2.5.Vida de Anaquel en los Alimentos

La vida en anaquel de un alimento puede ser definida como el período de tiempo después de la producción o manufactura, sobre el cual el alimento mantiene la calidad requerida. En cuanto a los factores que definen la vida útil de un producto, como son las botanas se encuentran: la materia prima, formulación del producto, procesamiento y condiciones de almacenamiento (Tung et al., 2001). La vida útil de un producto depende de muchos factores, como lo son ambientales, humedad, temperatura a la que se expone, proceso térmico, calidad de la materia prima, formulación del producto, procesamiento, condiciones de almacenamiento. El resultado de la exposición de estos factores produce cambios en las cualidades del producto como lo puede ser la pérdida de nutrientes, cambios de sabor, color o textura las cuales limitan su comercialización. Casp y Abril (1999) indican que hay un determinado tiempo, después de que el producto sea elaborado, en el que se mantienen sus propiedades sensoriales y de calidad, bajo determinadas condiciones de almacenamiento. El final de la vida útil de un producto se alcanza cuando ya no mantiene las cualidades requeridas por el consumidor.

En la investigación de Fernández et al. (2016) realizaron la estimación de la vida útil de galletas almacenadas bajo condiciones controladas a la temperatura de comercialización, hasta que sus características de calidad indicaron que su vida útil había llegado a su fin. Para ello se realizó una evaluación microbiológica a las galletas, tomando como tiempo cero el día de la elaboración del producto, seguido de 14 y 21 días de almacenamiento, reportando que las galletas tienen una vida de anaquel de 14 días, ellos encontraron que la humedad es un factor importante en la vida útil de la galleta y que tienen que estudiar otros materiales de empaque.

En otro estudio realizado por Zbikowska et al. (2018) se determinó el efecto del extracto de té verde, las semillas de grosella negra y las ortigas sobre la degradación de las grasas en las galletas con copos de avena y sus propiedades sensoriales durante el almacenamiento, encontrando que el tiempo de almacenamiento extendido de las galletas afectó negativamente la calidad de la grasa contenida; se observó un aumento en el índice de peróxidos después de 3 meses de almacenamiento, esto se debe a la descomposición de los hidroperóxidos que conducen a compuestos como los alcoholes, aldehídos y cetonas, es decir, a la ranciedad autooxidativa.

### **2.5.1. Factores que Influencian en la Vida de Anaquel de los Alimentos**

2.5.1.1. Materia prima. Estas son unos de los factores que tiene influencia en la vida de anaquel de un alimento, ya que un producto puede contener un alto contenido de proteína, grasa carbohidratos; los cuales deberán considerarse durante el proceso o almacenamiento para disminuir su velocidad de deterioro (Carrillo y Reyes, 2007).

Humedad: durante el almacenamiento, un alimento puede ganar o perder humedad, la cual puede ser un factor para la pérdida de su calidad. El aumento de humedad induce la presencia de hongos y bacterias, principalmente; mientras que, la pérdida de humedad provoca pérdida de integración de componentes, dureza y cambio de color.

Grasa. Las grasas en los alimentos pueden ser saturadas, las cuales son formadas por ácidos grasos con dobles enlaces o insaturada. Un producto se ve afectado por el grado de saturación de su grasa ya que influye en la estabilidad del alimento. Cuando mayor es el grado de insaturación de las grasas presente en los alimentos se corre el riesgo de que alimento sufra oxidación de los lípidos lo que conduce a la rancidez, lo que puede afectar aceptabilidad y su vida útil del alimento. La rancidez está relacionada con el desarrollo de olores y sabores desagradables, que contribuyen a un perfil sensorial inaceptable del alimento. El progreso de la oxidación de lípidos puede seguirse midiendo el contenido de compuestos marcadores, entre los cuales algunos son compuestos volátiles, como los aldehídos. Para determinar el grado de rancidez se utiliza ácidos grasos libres, el índice de peróxidos, entre otros (Carrillo y Reyes, 2007).

2.5.1.2. Formulación del producto. Los ingredientes y aditivos que contenga un producto influyen directamente la caducidad de un alimento. Calidad de los insumos, aditivos como: estabilizadores, mejoradores de textura, control de hongos y bacterias, acidificantes, entre otros.

2.5.1.3. Almacenamiento y distribución. El lugar donde se almacenen los productos terminados y el tiempo en que estos se distribuyan puede acortar la vida útil de un alimento, si esto no se realiza en condiciones apropiadas. Dependiendo del alimento, es necesario considerar la temperatura, humedad relativa del medio ambiente, condiciones higiénicas, acomodo del producto, tipo de contenedor de protección, entre otras.

## **2.5.2. Vida de Anaquel Acelerada**

Las pruebas de vida de anaquel aceleradas, permiten obtener datos de los cambios en la calidad de los alimentos en tiempos más cortos de evaluación, el cual consisten en incubar el alimento bajo condiciones controladas y a diferentes temperaturas (de preferencia con incrementos de 10°C de diferencia entre ellas) (Sánchez-González y Pérez, 2016). Las temperaturas utilizadas deben ser mayores a las temperaturas que son usadas en el almacenamiento y comercialización, con el propósito de acelerar los procesos de deterioro y obtener resultados en un periodo más cortos que el período que normalmente es utilizado en de vida de anaquel de un producto (Derossi et al., 2016). Para la determinación de la vida de anaquel de un alimento, es necesario determinar cuáles variables limitan la calidad del mismo, como cambios en los parámetros químicos, físicos y biológicos durante el almacenamiento, lo que ocasiona que las características de calidad cambien. Una herramienta para predecir los cambios al deterioro de los alimentos es la aplicación de modelos cinéticos. Estos se basan en la cinética de las reacciones químicas, sin embargo, en un alimento se llevan a cabo diferentes tipos de reacciones, por lo que la modelación se aplica a una característica de calidad que refleja las reacciones presentes en el alimento (Puma-Isuiza et al., 2018). De esta manera, Fu y Labuza (1997) señalan que es posible determinar la pérdida de calidad de un producto en función al tiempo de un pseudo orden u orden aparente de reacción basado en la ecuación:

$$(1) \quad r = \pm \left[ \frac{d(A)}{dt} \right] = kf[A^\alpha]$$

Donde A es el componente o característica del alimento,  $\alpha$  es el orden aparente o pseudo orden de la reacción para el componente A,  $kf$  es la constante aparente de reacción, y la notación  $\pm$  corresponde al aumento de una característica indeseable (+) y pérdida de una característica deseable (-). A partir de esa ecuación se obtiene la ecuación general de deterioro de la calidad  $\pm dQ/dt = kQ^n$ , donde Q es el atributo de calidad, t es tiempo (d), n es orden de reacción y k es constante aparente de reacción. El signo (+) hace referencia a atributos cuyo valor aumenta con el tiempo y el signo (-) a atributos cuyo valor disminuye con el tiempo.

Para describir la dependencia de la constante aparente de velocidad respecto a la temperatura se utiliza la ecuación de Arrhenius, la ecuación  $k = Ae^{-E_a/RT}$  bajo la relación de k en función a la temperatura; en esta ecuación se aplica el logaritmo para obtener una línea recta:  $K_r = K_0 \exp[-(E_a/RT-1)]$ , donde K es la constante cinética de Arrhenius,  $K_0$  es un factor pre-exponencial,  $E_a$  es energía de activación ( $J \cdot mol^{-1}$ ), R es la constante de los gases ideales ( $8.31447 J K^{-1} \cdot mol^{-1}$ ) y T es temperatura (K) (González-González et al., 2016).

En un estudio, realizado por Pima-Isuiza et al. (2018) de la vida de anaquel para una galleta salada, se utilizaron temperatura de almacenamiento de 35, 45 y 55 °C a 80 % de humedad relativa; se evaluaron los parámetros de humedad, actividad de agua y dureza en las galletas almacenadas en las diferentes condiciones; como resultado se calculó una vida útil de las galletas para cada temperatura fue de 271, 179 y 123 días respectivamente y una ecuación general de  $T (^{\circ}C) = -0.0172 (\log \text{ días}) + 3.0305$  ( $R^2=0.999$ ), reportando que el parámetro que se vio más afectado fue la humedad.

Rangrej et al. (2014), evaluaron el aceite de linaza incorporado a las galletas, en reemplazo de manteca vegetal a niveles de 5, 10, 20, 30, 40 y 50%, sobre las características físicas, de textura y sensoriales, incubadas a 45° C durante 1 mes, analizando contenido de humedad, índice de peróxido y la aceptabilidad general; se encontró que durante el almacenamiento las galletas de aceite de linaza con 30% mostrando cambio significativo en el contenido de humedad, el valor de peróxido y la aceptabilidad general hasta 28 días de almacenamiento. Ellos concluyeron que después de los 21 días de almacenamiento de las galletas, se logra percibir un sabor desagradable por el efecto de la oxidación del aceite de linaza.

## 2.6.Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial se define como la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Para que un alimento sea sensorialmente aceptable debe de cumplir con especificaciones como: la calidad de la materia prima, un buen control del proceso de elaboración, vigilancia del producto durante el almacenamiento y comercialización (Hernandez, 2005). Existe una estrecha relación entre la vida útil y la evaluación sensorial de muchos alimentos. La producción de alimentos de calidad es acompañada por análisis sensorial, que indica las necesidades sensoriales que requiere un producto y/o realizar cambios al alimento para lograr las características deseables. Entre las pruebas sensoriales más utilizadas en alimentos se encuentran: pruebas de aceptación, de discriminación o diferencia, descriptivas y de satisfacción

En el trabajo desarrollado por Sakac et al. (2016) se evaluó la vida útil de las galletas de arroz y trigo sin gluten a temperaturas de 23 y 40 °C durante el almacenamiento se midieron las variables de compuestos fenólicos y las propiedades sensoriales. Se encontró una disminución del contenido de fenoles totales y a partir de la evaluación sensorial, se puede concluir que la mayor pérdida de calidad sensorial fue resultado del incremento de la dureza, la disminución de la fracturabilidad y el aumento de olores y sabores inusuales del alimento. Ellos consideraron que las propiedades sensoriales de las galletas son los marcadores para la predicción de la vida útil de este alimento.

En la investigación realizada por Athayde et al. (2009) elaboraron galletas con harina de: trigo, guayaba y anacardo y, evaluaron las características fisicoquímicas y sensoriales como el sabor, textura, humedad y apariencia del producto final, encontrando que las galletas con sustitución de 15 g de harina de anacardo y 20 g·100 g<sup>-1</sup> de harina de guayaba en relación con el contenido de harina de trigo tenían las mejores calificaciones sensoriales en las variables de color, textura, y apariencia general, que el resto de las formulaciones y el testigo (solo trigo).

En un estudio de galletas elaboradas con harina de arroz y trigo, almacenadas 16 meses a temperatura ambiente, en el análisis sensorial de los productos, los panelistas detectaron aromas y sabores desagradables relacionados con la oxidación lipídica en las muestras con 11 meses de almacenamiento. Lo cual se correlacionó con los resultados de rancidez oxidativa analizada químicamente (Sakac et al., 2016).

## 2.7. Metodología de Superficie de Respuesta

La metodología de superficie de respuesta (MSR) corresponde a un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas que utilizan un modelo empírico para resolver problemas donde una respuesta de interés es afectada por una o más variables. La finalidad de la MSR es optimizar la respuesta de la variable dependiente (Kuehl, 2001).

La MSR se ha utilizado para crear prototipos de productos donde se pueden modelar los efectos de los ingredientes o las condiciones de procesamiento. Es utilizado para economizar reducir tiempos de elaboración o de proceso. El diseño de superficie de respuesta es uno de los utilizado por las industrias alimentarias para el desarrollo de nuevos productos, definiendo diversas perspectivas de los consumidores (Gamboa et al., 2010).

Rojas et al., 2012 realizaron un estudio para obtener un helado tipo mantecado mediante la optimización de la formulación y proceso y, lograr las mejores características sensoriales, tecnológicas (color, textura, aroma, sabor, dulzor, fusión, evaluación global), mayor rendimiento y menor costo. Mediante MSR bajo un diseño de mezclas, ellos utilizaron como componentes: base hidrolizada, grasa y azúcar y como variables de proceso: tiempo de maduración y tiempo de batido. Los resultados indicaron que con la aplicación del diseño de mezclas se logró optimizar la formulación y el proceso: 38% de base hidrolizada, 30% de materia grasa, 22% de azúcar y 10% de otros componentes (leche en polvo, vainilla y base en 50%). Se encontró que la mezcla debe ser batida por 900 segundos y sometida a un tiempo de maduración de 172,800 segundos.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de alimentos tipo botanas a nivel mundial ha aumentado debido a que actualmente se vive un estilo de vida más agitado, los horarios de trabajo son prolongados, lo que exige elegir alimentos de fácil acceso, sensorialmente atractivos, que logren saciar el hambre; sin considerar el contenido elevado en grasa, sodio, azúcares, aditivos, entre otros, que propician algunas enfermedades crónico-degenerativas en los consumidores ya que estos se consumen regularmente fuera de casa en corto tiempo. Por lo que, es importante mejorar la alimentación. Una opción es la elaboración de botanas saludables, con mejor aporte nutricional y bajo contenido calórico, para contribuir o disminuir estos problemas de salud. Para el desarrollo de botanas saludables se están evaluando nuevos ingredientes, tales como los subproductos de frutas como el mango Ataulfo.

El mango Ataulfo es el cultivar que más se produce a nivel nacional, sin embargo, su mayor producción se desarrolla en zonas infestadas por la mosca de la fruta, lo cual reduce considerablemente su exportación y ocasiona una sobresaturación del producto con importantes pérdidas postcosecha. Además, la transformación del mango en las industrias, genera una gran cantidad de subproductos consideradas como un desecho, por lo que se tienen que tomar medidas para el aprovechamiento de esos subproductos. Bajo estas consideraciones, en este proyecto se buscó como alternativa del aprovechamiento integral del mango, elaborar botanas saludables, teniendo como base la harina de avena (fuente de proteína y fibra dietaria) y mango (aporte de fibra dietaria, vitaminas y minerales), de esta manera generar un alimento saludable, sensorialmente aceptables y de fácil manejo.

#### **4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

1. ¿Cuál es la proporción de avena, pulpa y harina de cáscara de mango para lograr una botana nutricional, nutracéutica, sensorialmente aceptable y lista para su consumo?
2. ¿Cuáles son las características físicas, químicas, nutritivas, microbiológicas, sensoriales y nutracéuticas de la botana elaborada a diferentes formulaciones de avena, pulpa y harina de cáscara de mango?
3. ¿Cuáles son los porcentajes óptimos de avena, pulpa y harina de cáscara de mango que permita la elaboración de una botana con las mejores características físicas, químicas, nutritivas, sensoriales, nutracéuticas y estabilidad a temperatura ambiente?
4. ¿Cuál es la calidad nutricional, nutracéutica, sensorial, microbiológica y vida de anaquel de la botana a base de avena, pulpa y harina de cáscara de mango optimizada?

## 5. HIPÓTESIS

1. La incorporación de al menos 5% de harina de cáscara de mango a la botana elaborada de avena, pulpa y harina de cáscara de mango presenta buena aceptabilidad general y ofrece propiedades nutricionales y nutracéuticas.
2. Las formulaciones de botanas de avena, pulpa y harina de cáscara de mango presentan valores considerables en el contenido en fibra (mayor al 20% de la IDR), al menos 10% de IDR en minerales y 10% de compuestos fenólicos en 100 gramos de producto.
3. La mezcla óptima para procesar una botana nutritiva, nutracéutica y tecnológicamente aceptable se elabora con 45% de avena, 25% pulpa, 5% harina de cáscara de mango más ingredientes de panificación.
4. La botana optimizada elaborada con avena, pulpa y harina de cáscara de mango es tecnológicamente estable, sensorialmente aceptable, con una vida de anaquel de al menos 6 meses a temperatura ambiente.

## **6. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La primera fase de la investigación es de tipo descriptiva. Aquí se caracterizaron los ingredientes principales de la botana de avena y mango (harina de cáscara y pulpa de mango) para la elaboración de una botana.

Durante la etapa experimental primeramente se formuló y evaluó la calidad nutricional (proteína, grasa, humedad, minerales), física (textura), sensorial, nutracéutica (polifenoles, actividad antioxidante y fibra dietaria) y la calidad fisicoquímica de las diferentes mezclas de avena, harina de cáscara de mango y pulpa. Mediante el modelo de superficie de respuestas se obtuvieron las mezclas de estudio y se logró determinar la mezcla óptima, para finalizar con una botana nutritiva, nutracéutica y sensorialmente aceptable.

Las dos etapas de la investigación se llevaron a cabo en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Coordinación Regional Culiacán.

## 7. JUSTIFICACIÓN

México es uno de los principales productores de mango, siendo la variedad Ataulfo una de las que más se produce. Sin embargo, esta es desarrollada en regiones infestadas por la mosca de la fruta lo que reduce su exportación, provocando una sobresaturación de producto que se traduce en pérdidas postcosecha y económicas, generando una gran cantidad de cáscara. Es por ello que se buscan alternativas para dar valor agregado a este importante cultivo, esto mediante procesos tecnológicos y aprovechamiento de los subproductos compuestos ante la presencia de compuestos fenólicos, minerales y fibra dietaria; que se pueden usar para complementar otros productos comestibles y aumentar su valor nutricional y funcional. Estos compuestos lo posicionan como un ingrediente bioactivos, para ser incorporado en la elaboración de una botana saludable ya que se están buscando alternativas para que este tipo de ingredientes sean utilizados para aumentar su valor nutricional y nutracéutico.

Con la incorporación de subproductos de mango en un producto alimenticio se ve beneficiado el sector económico ya que se dará valor agregado a materia prima la cual actualmente se desecha, en la parte social es factible atender la demanda de productos tipo botana con propiedades nutricionales y nutracéuticas; y en la sección tecnológica se busca el desarrolló una botana nutritiva, sensorialmente aceptable y de fácil manejo; la cual en caso de su industrialización se generaría fuente de empleos y se capacitaría al personal.

## 8. OBJETIVOS

### 8.1. Objetivo General

Desarrollar y optimizar una formulación de avena, pulpa de mango y harina de cáscara de mango para obtener una botana nutritiva y nutracéutica de calidad y estabilidad a temperatura ambiente.

### 8.2. Objetivos Específicos

1. Formular una botana nutricional y nutracéutica a base de diferentes mezclas de avena, pulpa de mango, harina de cáscara de mango e ingredientes de panificación (grasa, leche, sal y polvo para hornear) estable a temperatura ambiente.
2. Caracterizar la calidad nutricional (humedad, cenizas, proteína, grasa) y nutracéutica (compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante) de las mezclas de avena, pulpa de mango y harina de cáscara de mango.
3. Optimizar mediante un modelo de superficie de respuesta la formulación para elaborar una botana de avena, pulpa de mango y harina de cáscara de mango seleccionada en base a las variables de respuesta de proteína, fenoles totales, fibra dietaria y taninos.
4. Evaluar la calidad nutricional, nutracéutica, sensorial, microbiológico y vida de anaquel de la botana optimizada de avena, pulpa de mango y harina de cáscara de mango.

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1. Etapa Descriptiva

El experimento inició con la caracterización de la materia prima necesarias para la elaboración de la botana de avena y mango.

#### 9.1.1. Obtención de Materia Prima

Para este estudio se utilizaron mangos maduros de la variedad Ataulfo cultivados de la región del Pacífico sur (Chiapas), los frutos se lavaron con agua y cloro al 200 ppm para eliminar los contaminantes. Después se realizó un despulpado manual del fruto donde la pulpa se almacenó a  $-17^{\circ}\text{C}$ ; las cáscaras limpias se escaldaron ( $90^{\circ}\text{C}$  durante 120 seg) y se cortaron en delgadas capas, se extendieron en charolas y se secaron a  $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  utilizando un deshidratador de aire caliente durante 20 h (Marca Excalibur Food Dehydrator), hasta llegar a peso constante. La cáscara seca se pulverizó en un molino (Marca Pulvex 200) y se almacenó en refrigeración a  $2^{\circ}\text{C}$  para los análisis. A la pulpa y harina de cáscara de mango se les determinó la calidad nutricional (humedad, proteína, cenizas, grasa, fibra dietaria) y la calidad nutracéutica (fenoles y taninos totales).

### 9.2. Etapa Experimental

Para desarrollar la formulación más adecuada de la botana, se estudiaron formulaciones a base de avena, pulpa de mango y pulpa de cáscara. A las cuales se les realizaron los análisis de calidad nutricional, nutracéutico, fisicoquímico y microbiológica.

### 9.2.1. Modelo de Superficie de Respuesta

Para encontrar la mezcla óptima de avena, pulpa de mango y cáscara de mango y lograr una botana nutricional y nutracéutica de avena y mango, se utilizó un diseño de superficie de respuesta de vértices extremos con restricciones, con 3 componentes (avena, harina de cáscara de mango y pulpa), los cuales representan el 79% de la mezcla total. La región experimental (Figura 2) se delimitó mediante restricciones para cubrir un rango de avena de 30-55%; harina de cáscara de mango 0-30% y pulpa de mango de 25-65% en las mezclas. Los vértices del triángulo representan la máxima cantidad utilizada de los componentes.

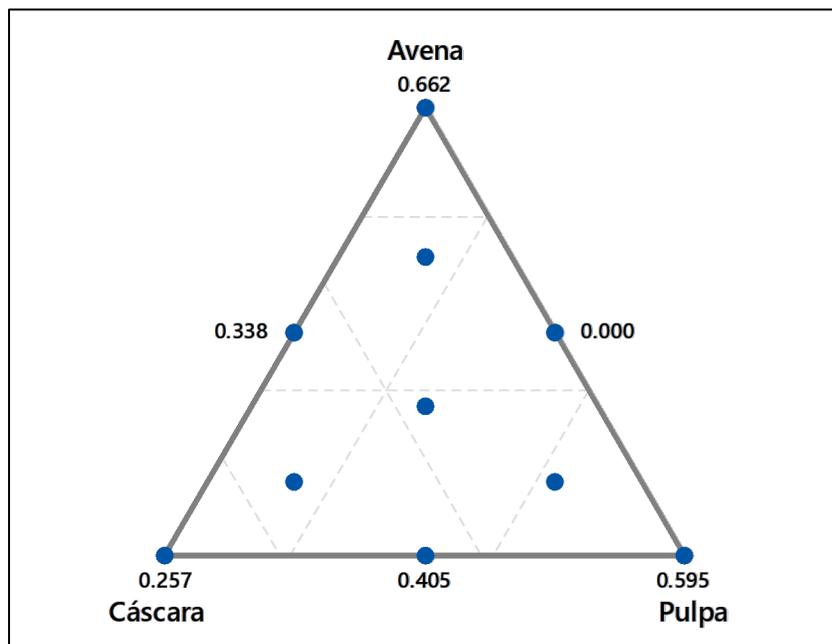


Figura 2. Región experimental del diseño vértices extremos para obtener una mezcla óptima para una botana nutritiva y saludable.

Para encontrar la mezcla óptima se utilizó un diseño experimental de vértices extremos con tres componentes (avena, harina de cáscara de mango y pulpa), el cual contó con un total de 10 corridas experimentales las cuales se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Proporciones de los componentes para obtener la mezcla óptima de botana de avena y mango.

Número de corrida	Proporción de los componentes		
	Avena	Cáscara de mango	Pulpa de Mango
1	32.03	0.0	46.97
2	52.30	0.0	26.69
3	32.03	20.28	26.69
4	32.03	10.14	36.83
5	42.17	0.0	36.83
6	42.17	10.14	26.69
7	38.79	6.76	33.45
8	35.41	3.38	40.21
9	45.55	3.38	30.07
10	35.41	13.52	30.07

Las variables de respuesta empleadas en el modelo fueron cantidad de proteína (%), cantidad de fibra dietaria (%), contenido de fenoles totales y contenido de taninos totales. El diseño fue analizado con el paquete estadístico Minitab 17.

## 9.2.2. Determinación de las Variables de Respuesta para el Modelo de Superficie de Respuesta

9.2.2.1. Proteínas. Se utilizó el método 988.05 de A.O.A.C. (1998). El cual consistió de tres fases: digestión, destilación y titulación. Para la digestión, se pesaron aproximadamente 0.1 g de muestra y se colocó en un matraz MicroKjeldahl marca Labconco modelo 65000, se le agregó 1.5 g de mezcla catalizadora (sulfato de potasio y sulfato de cobre) y 5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se calentó hasta ebullición durante aproximadamente una hora 30 minutos hasta obtener una

solución azul-verde, indicadora de que el nitrógeno orgánico se ha convertido en amoníaco. Para la destilación, la muestra fría se diluyó con 10 mL de agua destilada, se colocó en un destilador Labconco modelo 65000 y se le agregó aproximadamente 15 mL de hidróxido de sodio al 40%. La muestra se calentó a baño María y los vapores de amonio destilados durante 5 min fueron recibidos en un matraz con 15 mL de una solución de ácido bórico al 4% e indicador (rojo de metileno y azul de metileno). Para la titulación se valoró con una solución de HCl a 0.1 N, el contenido de proteína se calculó mediante la fórmula 2 y 3.

$$(2) \quad \% \text{ Nitrógeno} = \frac{H \times N \times 0.01401 \times 100}{\text{g de muestra}}$$

Dónde:

H = volumen de HCl gastado.

N = Normalidad del HCL.

0.01401 = Mili equivalentes de nitrógeno.

Factor de conversión = 6.25.

$$(3) \quad \% \text{ Proteína} = \% \text{ Nitrógeno} \times \text{factor de conversión}$$

9.2.2.2. Fibra dietaria (soluble e insoluble). La determinación de esta se basó en el método 32-05.01 y 985.29 de la AOAC (1998), los cuales constan de dos partes la primera fue la digestión enzimática y recuperación del residuo. Se pesó por duplicado muestras de un g (con una precisión de 0.1 mg) en matraces para fibra dietaria de 400 mL (considerando que el peso de ambas muestras debe de diferir por menos de 20 mg).

Se adicionó 50 mL de solución amortiguadora de fosfato a cada uno de los matraces (se verificó el pH 6.0; ajustándolo si fuese necesario), se agregó 50  $\mu$ L de solución  $\alpha$ -amilasa termoestable (Megazyme), y se tapó el matraz con papel aluminio, se colocó en baño de agua hirviendo Thermo Scientific con agitación continua por 30 min, y se dejó enfriar a temperatura ambiente.

Nuevamente, el matraz con la muestra fue ajustado el pH a  $7.5 \pm 0.1$  (con una solución de NaOH 0.275 N), se adicionó 100  $\mu\text{L}$  de solución de proteasa (Megazyme), se tapó y colocó a incubar a  $60^\circ\text{C}$  con agitación constante por 30 min, se dejó enfriar y se ajustó el pH a  $4.5 \pm 0.2$  (con HCl 0.325 N). Posteriormente, se adicionó 200  $\mu\text{L}$  de amiloglucosidasa (Megazyme), se cubrió con papel aluminio y se incubó a  $60^\circ\text{C}$  con agitación constante durante 30 min.

Para la determinación de fibra insoluble se dejó enfriar el matraz durante una hora, pasado el tiempo se hicieron filtraciones de la siguiente manera; primero se preparó un crisol Foss con celita, el cual se humedeció con agua destilada (distribuyendo de manera homogénea la celita) y se eliminó el agua mediante vacío. Se dejó secar el crisol con el residuo a  $70^\circ\text{C}$  por 12 h, se enfrió y se pesó el crisol con la celita para obtener el peso del residuo; al cual se le determinó proteína y ceniza según metodologías citadas anteriormente, se utilizó uno de los duplicados (de la primera parte de esta metodología para la determinación de proteína y el otro para determinar cenizas. Ya obtenidos los valores mencionados; se restaron al peso del residuo (aquel obtenido después del filtrado en el crisol) para obtener el peso de fibra corregido, calculando con la fórmula 4.

Para la fibra soluble en el matraz que se recuperó del proceso anterior, se añadió aproximadamente 300 mL de etanol al 96% (precalentado a  $60^\circ\text{C}$ ), se dejó precipitar a temperatura ambiente por un día. Pasado el tiempo, en la muestra se hicieron filtraciones de la siguiente manera; primero se preparó un crisol Foss con celita, el cual se humedeció con etanol al 80% (distribuyendo de manera homogénea la celita) y se eliminó el etanol mediante vacío. Se pasó el residuo del matraz al crisol, se lavó tres veces con 20 mL de etanol al 80%, después se lavó dos veces con etanol al 96% y se lavó otras dos veces, pero con 10 mL de acetona (después de cada lavado se hizo un filtrado). Se dejó secar el crisol con el residuo a  $70^\circ\text{C}$  por 12 h, se enfrió y se pesó el crisol con la celita para obtener el peso del residuo, se determinó proteína y ceniza del residuo, para esto se realizaron las metodologías anteriormente mencionadas, donde, se utilizó uno de los duplicados (de la primera parte de esta metodología para la determinación de proteína y el otro para determinar cenizas. Ya obtenidos los valores mencionados; se restaron al peso del residuo (aquel obtenido después del filtrado en el crisol) para obtener el peso de fibra corregido, calculando en la siguiente formula.

El contenido de fibra dietaria insoluble y soluble se determinó mediante la ecuación 4.

$$(4) \quad \% \text{ de fibra dietaria soluble e insoluble} = \frac{Pr-C-P}{M} \times 100$$

Dónde:

$P_r$  = Peso del residuo.

C = Cenizas.

P = Proteína.

9.2.2.3. Fenoles totales. La determinación de fenoles totales se realizó por el método de Folin-Ciocalteu según (Swain y Hillis, 1959). Para la determinación del contenido de fenoles totales se tomó una alícuota de 15  $\mu$ L del extracto y se colocó en una microplaca de 96 pozos (Costar, EEUU), se agregó 240  $\mu$ L de agua destilada, además de 15  $\mu$ L de Folin-Ciocalteu 2N, se incubó por 3 min y se añadió 30  $\mu$ L de carbonato de sodio 4N, posteriormente se incubó por 2 h y se midió la absorbancia a 725 nm usando un lector de microplatos Synergy HT (BioTek, Inc, EEUU) y alcohol al 80% como blanco. Se utilizó una curva estándar de ácido gálico sigma a concentraciones de 0 a 0.4  $\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

9.2.2.4. Taninos totales. Para la determinación de taninos se pesaron 100 mg de polivinilpolipirrolidona (PVPP) en tubos Eppendorf, se le añadió un mL de agua destilada y un mL de extracto (diluido), se colocó en agitación en un vortex y se mantuvo en refrigeración a 4°C durante 15 min. Posteriormente, el tubo con la muestra se agitó y se colocó en la centrifuga por 10 min a 11000 rpm. Por último, se colectó el sobrenadante y se determinó el contenido de compuestos no taninos mediante el ensayo de Folin Ciocalteu (Barman, 2004; Heil et al., 2002).

### **9.3. Elaboración del Alimento**

En el Cuadro 3 se observan las distintas formulaciones para la elaboración de la botana a base de avena-harina de cáscara-pulpa de mango. Se pesaron y mezclaron la cáscara, avena, azúcar, sal y polvo para hornear (rexal), al final se añadieron la mantequilla y pulpa de mango, fueron mezcladas de manera manual y se elaboró la botana en forma de “churritos dentados”, se dejó reposar durante 15 minutos a temperatura ambiente. Una vez transcurrido el tiempo, se procedió a colocarse en el horno a 180°C por 6 min, después se sacó del horno y se dejó a temperatura ambiente por 8 min

esto para buscar que el agua del interior del alimento migre al exterior en respuesta a un diferencial de potencial hídrico; se colocó de nuevo en el horno a 180°C por 10 min. Las muestras se retiraron, enfriaron a temperatura ambiente durante 10 minutos y se empaquetaron 60 g· bolsas plásticas<sup>-1</sup> (Ziploc®).

Cuadro 3. Ingredientes para obtener una botana de avena y mango.

Producto	Avena	Cáscara de mango	Pulpa	Azúcar	Mantequilla	Sal	Rexal
Mezcla 1	32.03	0.0	46.97	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 2	52.30	0.0	26.69	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 3	32.03	20.28	26.69	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 4	32.03	10.14	36.83	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 5	42.17	0.0	36.83	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 6	42.17	10.14	26.69	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 7	38.79	6.76	33.45	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 8	35.41	3.38	40.21	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 9	45.55	3.38	30.07	15	5.3	0.5	0.2
Mezcla 10	35.41	13.52	30.07	15	5.3	0.5	0.2

#### 9.4. Caracterización de la Botana de Avena y Mango

##### 9.4.1. Análisis de la Calidad Proximal

9.4.1.1. Determinación de humedad. Según el método oficial para la determinación de humedad 930.15 A.O.A.C. (1998). En un crisol tarado se pesaron aproximadamente 2 g de muestra, se colocaron en una estufa Yamato Scientific (modelo DKN 602C) a 70°C por 24 horas, transcurrido el tiempo se sacó el crisol y se colocó en un desecador por 15 min, se registró el peso. El porcentaje de humedad se determinó utilizando la ecuación 5.

$$(5) \quad \% \text{ Humedad} = \text{peso inicial} - \text{peso final} * 100$$

9.4.1.2. Determinación de cenizas. En este método 942.05 de la A.O.A.C (1998), la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 500-550°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esa temperatura se conoce como ceniza (Nollet, 1996). Las muestras secas, previamente empleadas para la determinación de humedad, se colocaron en la mufla modelo AR-340 a una temperatura de 550°C durante 8 horas, completada la calcinación se colocaron las muestras en un desecador durante 30-40 min y se pesaron. Las cenizas se conservaron para la determinación de minerales. El porcentaje de cenizas se calculó mediante la ecuación 6.

$$(6) \quad \% \text{Cenizas} = \frac{(P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}})}{\text{g muestra}} \times 100$$

9.4.1.3. Determinación de grasas: Para esta determinación se utilizó el método 920.39; Goldfish (A.O.A.C. 1998) se midió la fracción del alimento que es soluble en disolventes orgánicos de lípidos. Es una extracción continua por el disolvente donde a la muestra se le hace pasar por vapor de disolvente y la grasa es removida y se cuantifica su contenido.

Para determinar el porcentaje de extracto etéreo se pesó aproximadamente 2-3 gramos de muestra en un papel filtro #1 y se colocó en un dedal de extracción, éste se fijó a la unidad de extracción Buchí Labconco y debajo de ellos fue colocado un vaso (mantenido a peso constante) con 150 mL de hexano durante 4 h a 180°C. El extracto obtenido con el solvente en los vasos, se evaporó hasta sequedad en una estufa a 105°C por 30 minutos. El vaso con la muestra se enfrió en un desecador y se registró el peso. El cálculo de la grasa se realizó con la ecuación 7.

$$(7) \quad \% \text{E. E} = \frac{P_{\text{e.e}} \times 100}{P_{\text{m}}}$$

Dónde:

E.E = Extracto etéreo.

$P_{e.e}$  = Peso del extracto (peso del vaso seco al final de la extracción - peso del vaso seco).

$P_m$  = Peso de muestra.

## 9.4.2. Análisis del Contenido de Minerales

9.4.2.1. Determinación de minerales. La cuantificación de minerales se realizó con el método 955.06 de la A.O.A.C. (1998), se utilizaron las cenizas citadas con anterioridad. A las cenizas se les adicionaron 5 ml de HCl concentrado para su digestión, se aforó a 100 ml con agua destilada y se tomó una alícuota para la determinación de cada uno de los elementos.

Determinación de K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn se determinaron empleando un espectrómetro de absorción atómica Agilent Technologies (200-AA). La determinación de K, Na se realizó por emisión de llama a una longitud de onda de 589.6 y 769.9 nm sobre la muestra digerida y aforada. Mientras que, para la cuantificación de Ca, Mg, Zn, Cu, Fe y Mn se determinaron por absorción a una longitud de onda de 422.7 y 285.2, 213.9, 324.7, 248.3 y 279.5 nm, respectivamente.

La concentración de cada uno de los elementos se obtuvo mediante curvas de calibración realizadas con estándares de concentración conocida (SIGMA). Los resultados se expresaron en g 100 g<sup>-1</sup> para Ca, Mg, K y Na, y se calcularon mediante la ecuación 8 y 9.

$$(8) \quad \%E = \frac{C \times F}{10,000 \times P_m}$$

Dónde:

E = Elemento a cuantificar (Ca o Mg).

C = Concentración del mineral en la muestra (ppm).

F = ml de la dilución original x (mL de la dilución · mL de la alícuota<sup>-1</sup>).

$P_m$  = Peso de la muestra.

10,000 = Factor de conversión para porcentaje.

$$(9) \quad E \text{ ppm} = \frac{C \times V}{P}$$

Dónde:

E = Elemento a cuantificar (K, Na, Zn, Cu, Fe y Mn).

C = Concentración del mineral en la muestra (ppm).

V = Volumen aforado.

P = Peso de la muestra seca.

### **9.4.3. Análisis de la Calidad Fisicoquímicos**

9.4.3.1. Determinación de color. El color externo de la muestra se midió con un espectrofotómetro portátil Konica CM-700d (Minolta Inc.), tomando tres repeticiones de cada una de la superficie de la muestra. Se registró el espacio de color CIELab, definido por las coordenadas rectangulares L\*, a\* y b\*, junto con las coordenadas cilíndricas C\* y H° con el programa OnColor QC versión 5 (Gilabert, 1992; Konica-Minolta, 2007).

Los análisis de pH, acidez y sólidos solubles totales (SST) en las muestras se realizaron según metodología de la A.O.A.C. (1998). Se pesaron 10 g de muestra, se adicionaron 50 mL de H<sub>2</sub>O destilada previamente ajustada a pH 7.0, se licuó y se filtró a través de una tela de organza.

9.4.3.2. Determinación de pH y acidez. Se tomaron 50 mL de la muestra filtrada y se colocaron en un vaso de plástico. Con ayuda de un titulador automático Mettler Toledo T50 se determinó el pH y porcentaje de acidez, mediante el programa LabX, donde se indicó el factor de dilución y el miliequivalente del ácido cítrico y se finalizó con las lecturas dadas por el equipo.

9.4.3.3. Determinación de sólidos solubles totales (SST). Se tomó una alícuota de aproximadamente un mL de la muestra y se colocó en la cavidad de muestra del refractómetro Metter Toledo S470 para tomar lectura. Al finalizar el resultado se multiplicó por el factor de dilución y se reportó en sólidos solubles totales (°Brix).

#### **9.4.4. Análisis de la Calidad Nutracéutica**

9.4.4.1. Preparación de extracto. Para la obtención del extracto se pesó aproximadamente 2 g de muestra y se adicionaron 10 mL de metanol al 80%, se homogenizó e incubó a 200 rpm por 2 h a temperatura ambiente; posteriormente se centrifugó a 10000 g por 15 min a 4°C, se colectó el sobrenadante y se refrigerara para su posterior análisis. El pellet se guardó para la extracción de compuestos ligados.

9.4.4.2. Capacidad antioxidante por DPPH. Este método utiliza el radical 2,2-definil-1-picrilhidrazil (DPPH) y consiste en reducir su cromógena púrpura por la acción de un compuesto que colorea a un tono amarillo pálido. Este cambio se cuantifica por espectrofotometría a una absorbancia de 515-540 nm (Karadag et al., 2009). Para el ensayo en las primeras tres celdas se adicionaron 20 µL de metanol al 80% (blanco), se tomaron alícuotas de 20 µL de los extractos de harina de mango libres y ligados preparados y se colocaron en la placa, se añadieron 20 µl de la curva de calibración usando Trolox (0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.5, 0.6, 0.8 y 1 mg·mL<sup>-1</sup>) se adicionaron 200 µl del reactivo DPPH (radical 2,2-definil-1-picrilhidrazil) y se incubaron a temperatura ambiente por 30 min en la oscuridad, posteriormente se midió la absorbancia a una longitud de onda de 540 nm en un lector de microplacas Synergy y la capacidad antioxidante se calculó y expresó como mg equivalentes de Trolox por cada 100g de muestra en peso seco.

#### **9.4.5. Análisis Microbiológicos**

Se preparó un inóculo inicial a 25 g de botana de avena, pulpa/harina de cáscara de mango, se agregaron 225 mL de agua estéril y se homogenizó. Se tomó un mL del extracto para las siguientes metodologías.

9.4.5.1. Análisis de hongos y levaduras. Se sembró un mL del extracto en placas Petrifilm™ para el recuento de hongos y levaduras, se incubó a 35°C por 5 días, pasado el tiempo se contaron las colonias presentes reportándolas como unidades formadoras de colonias (UFC·g<sup>-1</sup>) (Fernández-López., 2007).

9.4.5.2. Análisis de *Echerichia coli*. Se sembró un mL del extracto en placas Petrifilm™ para el recuento de *E. coli*, se incubó a 35°C por 48 h, pasado el tiempo se contaron las colonias presentes y se reportaron como unidades formadoras de colonias (UFC·g<sup>-1</sup>) (Guidi-Figueroa et al., 2015).

9.4.5.3. Análisis de coliformes totales. Se sembró un mL del extracto en placas Petrifilm™ para el recuento de coliformes totales, se incubaron a 35°C por 48 h, pasado el tiempo se contaron las colonias presentes y se reportaron como unidades formadoras de colonias (UFC·g<sup>-1</sup>) (Guidi-Figueroa et al., 2015).

9.4.5.4. Análisis de bacterias mesófilas aerobias. Se sembró 1 mL del extracto en placas Petrifilm™ para el recuento de cuenta total bacteriana mesófilas aeróbicas, se incubó a 35°C por 48 h en condiciones aerobias, pasado el tiempo se contaron las colonias presentes y se reportaron como unidades formadoras de colonias (UFC·g<sup>-1</sup>) (Guidi-Figueroa et al., 2015).

9.4.5.5. Análisis *Salmonella* spp. Un mL del inóculo inicial se pasó a un medio enriquecimiento (Rappaport-Vassiliadis), el medio inoculado se incubó a 35°C por 24 h. Transcurrido el tiempo, se sembró una alícuota por estría cruzada en cajas de petri con tres diferentes medios selectivos para *Salmonella* (Agar Sulfito Bismuto, Agar XLD y Agar Entérico Hektoen) y se incubaron a 35°C por 24 h y se reportó como Ausencia.

#### **9.4.6. Evaluación Sensorial**

La evaluación sensorial de la botana de mango y avena se realizó con la colaboración de 65 jueces no entrenados de edades promedio entre 20 y 50 años, de ambos sexos. Para aceptar el nivel de satisfacción de la botana de mango y avena se utilizó una prueba de aceptación.

Prueba de aceptación. La prueba de aceptación de la botana de avena y mango se realizó empleando una escala hedónica numérica del 1 al 10 (donde 1 es la calificación más baja hacia la aceptación de la botana y 10 la más alta). Se solicitó probar la botana e indicar el grado de aceptación de las muestras, así como también se preguntó si comprarían el producto y por qué (Hernández- Alarcón, 2005; Espinoza, 2007).

## 10. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 10.1. Etapa Descriptiva

#### 10.1.1. Caracterización Nutricional de los Ingredientes de la Botana

En el Cuadro 4 se muestran los resultados del análisis proximal de la harina de cáscara y pulpa de mango Ataulfo. El valor de humedad para la harina fue de 8.3% y se encuentra dentro de los límites establecidos por la NOM-147-SSA1-1996, la cual indica que las harinas deben tener una humedad inferior al 15%, pero es mayor al reportado por Torres-León et al. (2018) quienes trabajaron en la elaboración de harina de cáscara de mango con 5.6 %. Para la pulpa de mango los porcentajes de la humedad fue de 79.3, el contenido de proteína de 1.3 y el contenido de grasa de 0.25; los cuales son similares a los reportados por Ballina-Díaz et al. (2013) para pulpa de mango variedad Ataulfo.

Cuadro 4. Composición nutricional de la harina de cáscara y pulpa de mango Ataulfo

<b>Composición nutricional (g/100g)</b>	<b>Harina de cáscara de mango</b>	<b><u>Torres-León et al., 2018</u></b>	<b>Pulpa de mango</b>	<b><u>Ballinas-Díaz et al., 2013</u></b>
Humedad	# 8.3 ± 0.28	5.57 ± 0.15	79.3 ± 0.1	79.81 ± 0.13
Proteína	4.1 ± 0.13	5.05 ± 0.014	1.3 ± 0.1	0.48 ± 0.12
Cenizas	5.8 ± 0.46	4.33 ± 0.14	0.84 ± 0.01	-
Grasa	1.8 ± 0.9	1.78 ± 0.21	0.25 ± 0.1	0.390.16

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

## 10.1.2. Composición Nutracéutica de la Harina de Cáscara y Pulpa de Mango

10.1.2.1. Fibra dietaria. En el Cuadro 5 se muestra los resultados de la fibra dietaria para la harina de cáscara de mango la cual fue de  $23.84 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  la cual es similar a la reportada por diversos autores como Torres-León et al. (2018); Pathak (2016) e Ibarra et al. (2015) con valores entre 23.6 a  $24.4 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$  de fibra dietaria para cáscara de mango variedad Ataulfo. Para la pulpa de mango la fibra dietaria fue de  $3.12 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ , similar a lo encontrado por Ballina-Díaz et al. (2013).

Cuadro 5. Contenido de fibra dietaria en harina de cáscara y pulpa de mango

<b>Ingredientes</b>	<b>Fibra dietaria total</b>	<b>Fibra dietaria insoluble</b>	<b>Fibra dietaria Soluble</b>
Harina de cáscara de mango	$^{#}21.50 \pm 1.6$	$13.50 \pm 3.24$	$8.00 \pm 3.24$
Pulpa de mango	$3.12 \pm 0.8$	$1.45 \pm 1.0$	$1.67 \pm 0.5$

<sup>#</sup>Media y desviación estándar de tres repeticiones.

10.1.2.2. Contenido de fenoles y taninos totales. En el Cuadro 6 se observan los resultados de la capacidad reductora de fenoles totales para harina de cáscara de mango con  $127.3 \text{ mg}$  de AG/g de harina de cáscara de mango, dichos resultados son menores a los reportados por Ajila-Rao et al. (2010) donde encontraron de  $546\text{--}902 \text{ mg AG} \cdot \text{g}^{-1}$ . Dicha diferencia puede atribuirse a las diferentes temperaturas durante el proceso de secado, así como el método de extracción de los compuestos. Para la pulpa de mango se encontró  $1.6 \text{ mg}$  de  $\text{AG} \cdot \text{g}^{-1}$  similar al reportado por Ballina-Díaz et al. (2013).

10.1.2.3. Capacidad antioxidante. En el Cuadro 6 se observan los resultados de la capacidad antioxidante de las muestras por los métodos de DPPH con valores de  $145.5 \text{ mmol}$  de  $\text{ET} \cdot \text{g}^{-1}$  de harina de cáscara de mango el cual es similar al reportados por Lozoya-Castillo et al. (2018) para harina de cáscara de mango con  $149.14 \pm 13.9 \text{ mmol}$  de  $\text{ET} \cdot \text{g}^{-1}$ , para pulpa de mango se encontró un valor de  $16.9 \text{ mmol}$  de  $\text{ET} \cdot \text{g}^{-1}$ .

Cuadro 6. Contenido de fenoles y taninos totales de harina de cáscara y pulpa de mango.

<b>Ingrediente</b>	<b>Fenoles totales (mg de ácido gálico·g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Taninos totales (mg de catequina·g<sup>-1</sup>)</b>	<b>DPPH (mmol de ET·g<sup>-1</sup> de harina de cáscara de mango)</b>
Harina de cáscara de mango	#127.3±0.25	50.58±1.2	145.5±10
Pulpa de mango	1.6±0.05	0.05±0.001	16.9±0.5

#Media y desviación estándar de tres repeticiones. DPPH= 2,2-definil-1-picrilhidrazil ET: Equivalente de trolox

## 10.2. Etapa Experimental

### 10.2.1. Composición Nutricional de las Botanas de Avena y Mango

En la composición nutricional de las botanas de avena y mango (Cuadro 7), se observa como el aporte de proteína se incrementa cuando el contenido de avena conforme se aumenta de 32 a 52 g. En el contenido de humedad se encontró diferencia entre las mezclas, a medida que adiciona mayor contenido de pulpa mayor es la humedad. El aumento significativo de la humedad puede deberse a la presencia de fibra en la avena y de cáscara de mango, que atrapan el agua presente en la pulpa de mango mediante el fenómeno de adsorción en las mezclas. Sin embargo, la mayoría de las botanas se encuentran dentro de lo que establece NOM-247-SSA1-2008, la cual indica que los productos horneados deben contener una humedad inferior al 8%.

Cuadro 7. Contenido proximal en porcentaje para botanas de avena y mango.

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Humedad</b>	<b>Proteína</b>	<b>Cenizas</b>	<b>Grasa</b>	<b>Carbohidratos</b>
32.03/0/46.97	#2.98±0.12	6.1±0.4	4.2±0.06	7.6±0.04	79.1±0.5
52.30/0/26.69	7.77±0.05	6.9±0.1	4.0±0.05	6.9±0.05	74.5±0.2
32.03/20.28/26.69	7.16±0.08	6.4±0.9	4.9±0.08	6.4±0.1	75.2±0.2
32.03/10.14/36.83	12.50±0.02	4.9±0.2	4.5±0.04	6.9±0.02	71.1±0.2

42.17/0/36.83	3.72±0.10	6.8±0.1	4.5±0.01	7.3±0.1	77.6±0.1
42.17/10.14/26.69	6.31±0.1	7±0.2	4.7±0.02	7.2±0.04	74.8±0.3
38.79/6.76/33.45	1.25±0.09	5.9±0.5	4.9±0.04	7.4 ±0.01	80.5±0.5
35.41/3.38/40.21	7.28±0.08	6.1±0.08	4.7±0.02	7.4±0.01	74.5±0.2
45.55/3.38/30.07	7.33±0.03	6.7±0.6	4.5±0.02	7.2±0.02	74.2±0.6
35.41/13.52/30.07	9.73±0.07	5.5±0.1	4.6±0.03	7.2±0.02	72.8±0.1

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

En la Cuadro 8 se muestran los resultados de minerales de las 10 mezclas. En cuanto al aporte del calcio se observa que a medida que se incorpora mayor cantidad de harina de cáscara de mango se incrementa su concentración, la cual representa hasta el 16.6 % de la ingesta diaria recomendada en 100 g de producto (IDR de Ca=900 mg/día: NOM/051/SCFI-SSA/2010); mientras que el potasio representa el 17% de la IDR (3000 mg/día). En el caso de magnesio cuando se adiciona más contenido de avena se aumenta el aporte de este mineral. La mezcla de avena, mango y cáscara, permite el desarrollo de un producto con un considerable contenido de minerales.

Cuadro 8. Composición de minerales (mg·100 g<sup>-1</sup>)de botanas de avena y mango.

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Fe</b>	<b>Zn</b>	<b>Mn</b>
32.03/0/46.97	345.4	321.1	81	2.67	0.10	0.05	0.06
52.30/0/26.69	328.0	367.2	79	3.06	0.13	0.07	0.09
32.03/20.28/26.69	342.7	526.1	150	2.90	0.16	0.04	0.06
32.03/10.14/36.83	351.0	443.6	123	2.67	0.17	0.04	0.06
42.17/0/36.83	431.1	455.0	93	3.34	0.58	0.07	0.09
42.17/10.14/26.69	385.0	464.0	113	3.24	0.26	0.06	0.08
38.79/6.76/33.45	387.9	462.5	118	3.02	0.29	0.06	0.08
35.41/3.38/40.21	414.0	369.1	103	2.81	0.55	0.05	0.07
45.55/3.38/30.07	379.6	384.6	96	2.80	0.28	0.06	0.07
35.41/13.52/30.07	316.0	414.8	128	2.43	0.10	0.04	0.06

Los resultados de fibra dietaria (soluble e insoluble) se muestran en el Cuadro 9, donde se observa que el contenido de fibra dietaria se encuentra entre 19.4-31.7 g·100g<sup>-1</sup> observando que la adición de avena y harina de cáscara de mango Ataulfo ayuda a aumentar el contenido de esta variable de

calidad. En el caso de la fibra dietaria insoluble esta se incrementa en la adición de la harina de cáscara de mango, ya que como se ha reportado la mayor parte de compuestos se encuentran ligados a esta. La fibra dietaria soluble se encuentra en mayor proporción al añadir mayor cantidad de avena (Pathak, 2016). Las propiedades nutricionales y la calidad de una fibra están determinadas en gran medida por el contenido y la proporción de fracciones solubles e insolubles. La fibra dietaria es de gran importancia, ayuda a reducir la absorción de glucosa en la sangre, lo que resulta en un mejor control de la secreción de insulina y mantenimiento de un ecosistema intestinal saludable, entre otros (Sáyago-Ayerdi y Goñi, 2010). En el trabajo de Escudero y González (2006) mencionan como actúa la fibra soluble cuando entra en contacto con el agua forma una red donde queda atrapada, creándose soluciones viscosas responsables de las acciones en el metabolismo lipídico y anticarcinogénico y, mientras que la insoluble retienen agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad, lo que produce aumento de la masa fecal que acelera su tránsito intestinal.

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

Cuadro 9. Contenido de fibra dietaria de las mezclas de botana de avena y mango.

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Fibra dietaria total (FDT)</b>	<b>Fibra dietaria Insoluble (FDI)</b>	<b>Fibra dietaria soluble (FDS)</b>	<b>Relación FDS/FDT</b>
32.03/0/46.97	#29.1±0.4	13.8±0.7	15.2±0.09	0.5±0.05
52.30/0/26.69	31.7±0.1	16.8± 0.4	15.0±0.02	0.47±0.01
32.03/20.28/26.69	23.1±0.6	15.5±0.2	7.6±0.4	0.32±0.1
32.03/10.14/36.83	21.1±0.2	15.3±0.7	5.9±0.2	0.28±0.1
42.17/0/36.83	19.4±0.1	13.9±0.9	5.5±0.09	0.1±0.01
42.17/10.14/26.69	23.6±0.2	17.2±0.2	5.5± 0.5	0.23±0.2
38.79/6.76/33.45	22.3±0.5	16.8±0.8	5.5±0.1	0.24 ±0.3
35.41/3.38/40.21	22.3±0.5	16.7±0.7	5.7±0.2	0.25±0.3
45.55/3.38/30.07	20.7±0.6	14.0± 0.4	6.7±0.1	0.32±0.2
35.41/13.52/30.07	20.6±0.1	14.3±0.6	6.3±0.4	0.3±0.2

### 10.2.2. Composición Fisicoquímica de Botanas de Mango y Avena

En el Cuadro 10 se muestra la actividad de agua, textura, pH, SST y acidez titulable de las 10 mezclas de botana elaboradas con avena y mango. Las botanas mostraron valores de Aw inferiores a 0.65 lo que indica que se encuentran en el rango de productos de humedad intermedia, permitiendo estabilidad al crecimiento microbiano (Rockland y Nishi, 1980). La textura se incrementa en base a la adición de cáscara y avena. Blancas-Benítez et al. (2015) reportaron que la adición de fibra en los alimentos generalmente se traduce en aumento de la dureza y pérdida de la textura crujiente. El pH de las muestras se encuentra en un intervalo de 6.0 y 6.9, mientras que los sólidos solubles totales entre 17.2 a 23.9 °Brix.

Cuadro 10. Características fisicoquímicas de las botanas de avena y mango

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Aw</b>	<b>Textura (N)</b>	<b>pH</b>	<b>SST (°Brix)</b>	<b>Acidez titulable (Ácido cítrico)</b>
32.03/0/46.97	<sup>#</sup> 0.39±0.005	16.1±0.6	6.0±0.4	22.4±0.5	0.06±0.003
52.30/0/26.69	0.48±0.007	42.3± 1.1	6.9±0.1	17.2±0.8	0.05±0.003
32.03/20.28/26.69	0.48±0.02	30.3±1.1	6.2±0.03	23.8±0.2	0.15±0.006
32.03/10.14/36.83	0.61±0.05	17.1±0.1	6.5±0.2	20.7±0.1	0.17±0.01
42.17/0/36.83	0.4±0.01	45.7±0.4	6.8±0.03	19.1±0.1	0.06±0.004
42.17/10.14/26.69	0.47±0.1	46.1± 1.7	6.5±0.02	19.8±0.1	0.11±0.003
38.79/6.76/33.45	0.22±0.01	47±1.2	6.6±0.2	23.4 ±0.5	0.10±0.002
35.41/3.38/40.21	0.48±0.04	44.7±0.7	6.6±0.04	23.9±0.9	0.09±0.004
45.55/3.38/30.07	0.49±0.01	61.6± 1.1	6.7±0.03	20.5±0.1	0.08±0.004
35.41/13.52/30.07	0.51±0.01	38.2±1.1	6.6±0.2	21.9±0.5	0.13±0.01

Aw: Actividad de agua. SST: Sólidos solubles totales. <sup>#</sup>Media y desviación estándar de tres repeticiones.

En el Cuadro 11 se observan los valores de color para las botanas elaboradas con avena y mango, donde las muestras presentaron valores de luminosidad de 51.7 a 63.2. El valor positivo de a\* muestra coloraciones rojizas, todas las botanas desarrollaron un color rojizo en distintas intensidades que van de 4.4 a 9.9; el b\* indica los colores amarillos, todas las botanas tienen valores

diferentes de amarillo de 37 a 43.7. Los valores de cromaticidad van de 37.3 a 44.6 y los valores de °Hue de 76.9 a 83.5. Se puede observar que hay diferencia entre todas las mezclas, cuando disminuye la cantidad de avena se va perdiendo ligeramente la tonalidad naranja del mango. En un estudio realizado por Ajila et al. (2007) en la incorporación de harina de cáscara de mango en galletas encontraron que los valores de luminosidad y  $a^*$  se reducen al aumentar los niveles de harina de cáscara de mango, atribuyendo que se debe al pardeamiento enzimático, ocasionando que el brillo y el color amarillento de las galletas disminuyan.

Cuadro 11. Valores de color en las mezclas de la botana de avena y mango.

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Luminosidad</b>	<b><math>a^*</math></b>	<b><math>b^*</math></b>	<b>Cromaticidad</b>	<b>Ángulo de matiz (Hue)</b>
32.03/0/46.97	<sup>#</sup> 60.5±2.3	6.8±0.7	41.1±1.4	41.1±0.5	81.2±1.8
52.30/0/26.69	62.9±1.4	4.4± 1.4	37±1.1	37.3±1.3	83.5±1.7
32.03/20.28/26.69	55.6±1.6	9.9±0.6	42.7±0.6	43.9±0.4	76.9±1
32.03/10.14/36.83	56.5±2.3	8.8±0.7	43.7±1.7	44.6±1.7	78.6±1.0
42.17/0/36.83	63±2.0	6.5±0.9	41.3±0.9	41.8±0.8	81.1±1.3
42.17/10.14/26.69	58.3±0.7	7.0± 0.7	40.2±0.2	40.8±0.2	80.2±0.4
38.79/6.76/33.45	52.4±0.3	8.0±0.8	39.4±0.3	40.2 ±0.3	78.5±0.2
35.41/3.38/40.21	61.0±0.9	5.2±0.7	40.2±1.0	40.5±1.0	82.6±0.8
45.55/3.38/30.07	60.6±0.3	5.5± 0.4	40.4±2.0	40.7±2.0	82.3±0.8
35.41/13.52/30.07	51.7±1.1	7.2±0.6	38.7±0.2	39.3±0.3	79.5±0.8

<sup>#</sup>Media y desviación estándar de tres repeticiones.

### 10.2.3. Análisis de las Variables de Respuesta de la Metodología de Superficie de Respuesta

En el Cuadro 12 se muestran los resultados del análisis de los componentes que definen la calidad en las botanas de las 10 mezclas elaboradas con los tres componentes (avena, harina de cáscara de

mango y pulpa). El contenido de proteína y fibra se incrementa a medida que se adiciona más cantidad de avena y harina de cáscara de mango, mientras que el contenido de fenoles totales y taninos totales aumentan con la adición de harina de cáscara de mango. Sin embargo, la adición de la cáscara se realiza para favorecer la fibra dietaria en las botanas y el contenido de minerales.

Cuadro 12. Evaluación de las variables de respuesta que definen la calidad en las mezclas de botana de avena y mango.

<b>Proporciones Avena/Cáscara/Pulpa</b>	<b>Proteína (g·100g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fibra dietaria (g·100 g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Fenoles totales (mg de AG·g<sup>-1</sup> de botana</b>	<b>Taninos totales (mg de catequina· g<sup>-1</sup> de botana</b>
32.03/0/46.97	#6.1±0.4	6.8±0.7	1.0±0.09	0.2±0.05
52.30/0/26.69	6.9±0.1	4.4± 1.4	0.7±0.02	0.1±0.01
32.03/20.28/26.69	6.4±0.9	9.9±0.6	14.2±0.4	10.6±0.1
32.03/10.14/36.83	4.9±0.2	8.8±0.7	6.6±0.2	5.3±0.1
42.17/0/36.83	6.8±0.1	6.5±0.9	0.2±0.09	0.1±0.01
42.17/10.14/26.69	7±0.2	7.0± 0.7	6.0±0.2	5.0±0.2
38.79/6.76/33.45	5.9±0.5	8.0±0.8	6.2±0.1	4.0 ±0.3
35.41/3.38/40.21	6.1±0.08	5.2±0.7	2.3±0.2	2.0±0.3
45.55/3.38/30.07	6.7±0.6	5.5± 0.4	2.0±0.1	1.5±0.2
35.41/13.52/30.07	5.5±0.1	7.2±0.6	8.4±0.4	7.5±0.2

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

10.2.3.1. Proteína. Para el análisis de varianza de superficie de respuesta para proteína vs avena-cáscara-pulpa para la botana de mango y avena (Cuadro 13) se realizó para un modelo cuadrático basado en las proporciones. La regresión ( $p=0.001$ ), con una  $R^2=91.2\%$  y los elementos lineales ( $p=0.001$ ) resultaron significativos. Los componentes cuadráticos del modelo de regresión ( $P=0.002$ ) y las interacciones cuadráticas correspondientes a los componentes cáscara\*pulpa ( $P=0.002$ ). Se encontró diferencia entre las 10 mezclas, donde se observó que cuando se aumentaba el contenido de cáscara y pulpa el contenido de proteína disminuía, por lo que se eligió maximizar esta variable.

Cuadro 13. ANOVA del contenido de proteína del modelo de regresión cuadrático.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados Ajust.	Cuadrados medios.	F	P	
Regresión	3	3.5838	3.5838	1.1946	20.69	0.001	Para
Lineal	2	1.9519	2.7208	1.3604	23.56	0.001	
Cuadrática	1	1.6319	1.6319	1.6319	28.26	0.002	
Cáscara*pulpa	1	1.6319	1.6319	1.6319	28.26	0.002	
Error residual	6	0.3464	0.3464	0.0577			
Total	9	3.9302					

proteína en las mezclas se presenta el modelo de regresión estimado en la ecuación 10.

$$(10) \quad \% \text{ de Proteína} = 8.15 \cdot \text{Avena} + 34.40 \cdot \text{Cáscara} + 5.04 \cdot \text{Pulpa} - 86.13 \cdot \text{Cáscara} * \text{Pulpa}$$

10.2.3.2. Fibra dietaria. El análisis de varianza para la variable de respuesta de fibra dietaria vs avena-cáscara-pulpa (Cuadro 14) se realizó para un modelo cúbico especial basado en las proporciones. La regresión ( $p=0.01$ ).  $R^2 = 90.2\%$  y los elementos lineales ( $p=0.035$ ) resultaron significativos. Los componentes cuadráticos del modelo de regresión ( $P=0.003$ ) y las interacciones cuadráticas correspondientes a los componentes avena\*pulpa ( $P=0.003$ ). los componentes cúbicos especiales del modelo de regresión ( $p=0.43$ ) y las interacciones cúbicas Avena\*cáscara\*pulpa ( $p=0.43$ ). Se encontró diferencia significativa entre las 10 mezclas de botana de avena y mango.

Cuadro 14. ANOVA del contenido de fibra dietaria del modelo de regresión cúbico especial.

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Suma de cuadrados ajust</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Regresión	4	125.594	126.594	31.649	11.54	0.01
Lineal	2	20.611	38.629	19.315	7.04	0.035
Cuadrática	1	86.109	84.408	84.408	30.77	0.003
Avena*pulpa	1	86.109	84.408	84.408	30.77	0.003
Cúbico especial	1	19.874	19.874	19.874	7.25	0.43
Avena*cáscara*pulpa	1	19.874	19.874	19.874	7.25	0.43
Error residual	5	13.714	13.714	2.743		
Total	9	140.309				

El modelo de regresión estimado se representa en la ecuación 11 para fibra dietaria.

$$(11) \quad \% \text{ de Fibra dietaria} = 157 \cdot \text{Avena} - 8.3 \cdot \text{Cáscara} + 192 \cdot \text{Pulpa} - 619.6 \cdot \text{Avena} * \text{pulpa} - 547 \cdot \text{Avena} * \text{cáscara} * \text{pulpa}$$

10.2.3.3. Fenoles totales. El análisis de varianza para la variable de respuesta del contenido de fenoles totales vs avena-cáscara-pulpa para la botana de mango y avena (Cuadro 15) se realizó para un modelo lineal basado en las proporciones. La regresión ( $p=0.01$ ), una  $R^2=96.7$ , los elementos lineales ( $p=0.035$ ) resultaron significativos, se encontraron diferencias del contenido de fenoles totales entre los 10 tratamientos, por lo que se optó por maximizar esta variable.

Cuadro15. ANOVA del contenido de fenoles totales del modelo de regresión lineal.

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Suma de cuadrados ajust</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Regresión	2	172.364	172.364	86.1822	101.23	0.000
Lineal	2	172.364	172.364	86.1822	101.23	0.000
Error residual	7	5.960	5.960	0.8514		
Total	9	178.324				

Para fenoles totales se muestra el modelo de regresión estimado se representa en la ecuación 12.

$$(12) \quad \text{Contenido de fenoles} = -0.5244 \cdot \text{Avena} + 51.5455 \cdot \text{Cáscara} + 1.4038 \cdot \text{Pulpa}$$

10.2.3.4. Taninos totales. El análisis de varianza para la variable de respuesta de taninos totales vs avena-cáscara-pulpa para la botana óptima de mango y avena (Cuadro 16) se realizó para un modelo lineal basado en las proporciones. La regresión ( $p=0.01$ ),  $R^2=95.4$  los elementos lineales ( $p=0.035$ ) resultaron significativos. Se encontraron diferencias en el contenido de taninos totales entre las 10 mezclas por lo que se eligió minimizar esta variable, para disminuir la astringencia presentada por la adición de la harina de cáscara de mango (Cuadro 3).

Cuadro 16. ANOVA del contenido de taninos totales del modelo de regresión lineal.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Suma de cuadrados ajust.	Cuadrados medios	F	P
Regresión	2	100.729	100.729	50.3644	72.37	0.000
Lineal	2	100.729	100.729	50.3644	72.37	0.000
Error residual	7	4.871	4.871	0.6959		
Total	9	105.600				

El modelo de regresión estimado se representa en la ecuación 13 para taninos.

$$(13) \quad \text{Taninos Totales} = -1.637 \cdot \text{Avena} + 39.096 \cdot \text{Cáscara} + 1.890 \cdot \text{Pulpa}$$

#### 10.2.4. Mezcla óptima de Botana de Avena y Mango

Una vez establecidos los análisis de varianza satisfactorios para cada una de las variables de

respuesta de los 10 tratamientos, y con la finalidad de encontrar la mejor proporción, se realizó la optimización de estas con ayuda del programa Minitab 17, donde la mezcla óptima para la botana de avena y mango fue de: avena 44.28%, cáscara 5.4% y pulpa 29.29%, con estas proporciones, según el modelo se desarrolla la botana con las mejores características, bajo la consideración de las variables de calidad que se busca potenciar y disminuir (Figura 3 y 4); con esta proporción se busca obtener valores de proteína 6.6 % de fibra dietaria 22.69 %, de fenoles totales 3.75 mg de AG·g<sup>-1</sup> de botana y de taninos totales de 2.7 mg catequina·g<sup>-1</sup> de botana.

Estudios en la incorporación de harina de cáscara de mango (Pathak, 2016) del 5% de harina de cáscara de mango mostró un valor de fenoles totales de 7.5 mg AG·g<sup>-1</sup>; esto llevó a la suposición de que la inclusión de harina de cáscara de mango puede elevar la cantidad de estos compuestos en el pan y otros productos como galletas (Ashoush y Gadallah, 2012).

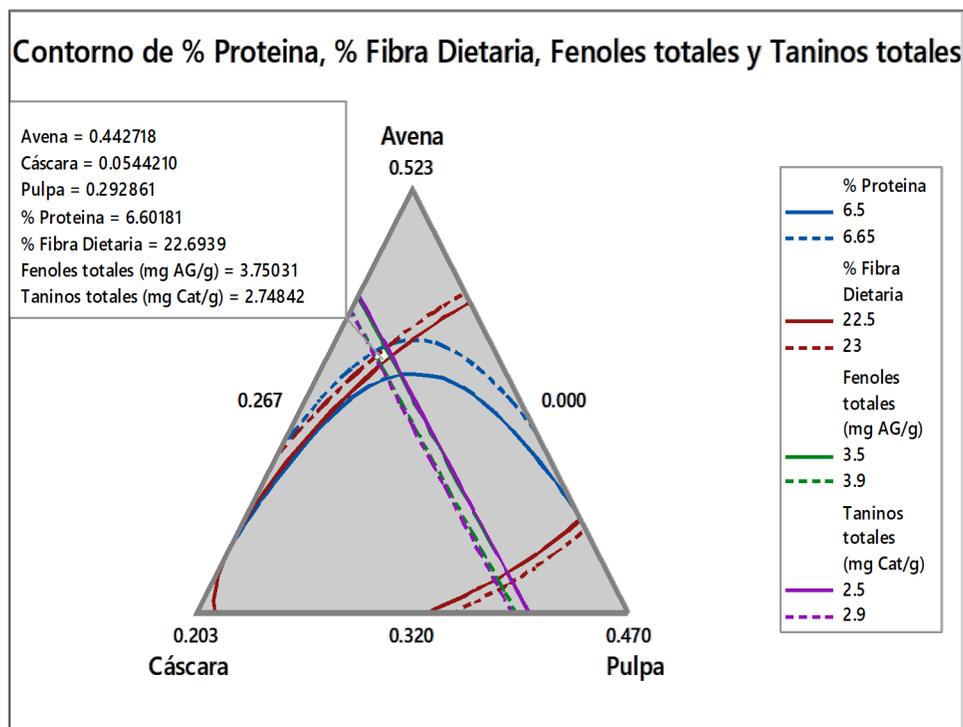


Figura 3. Contorno de contenidos de proteína, fibra dietaria, fenoles totales y taninos totales para encontrar la mezcla óptima de la botana avena-mango.

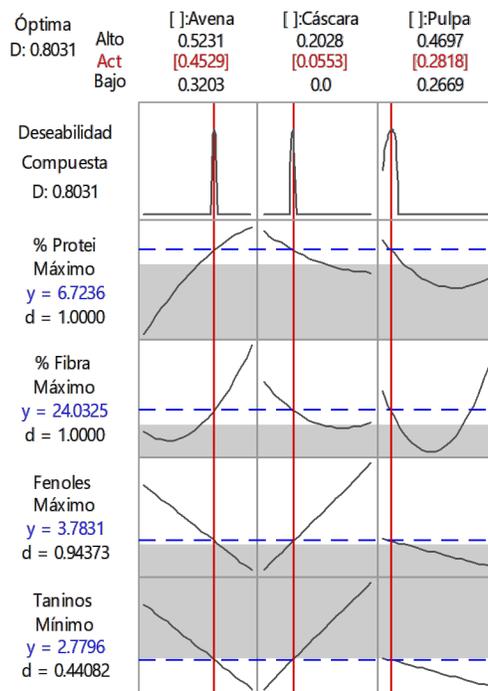


Figura 4. Optimización de las variables de respuesta; d=deseabilidad, y=resultado de la variable de respuesta optimizada para la botana avena y mango.

### 10.2.5. Caracterización de la Mezcla Óptima de Botana de Avena y Mango

10.2.5.1. Calidad nutricional. La botana optimizada presentó un contenido de proteína de 7.1 g·100g<sup>-1</sup> lo que se considera un buen aporte de proteína, el contenido de humedad fue de 3.57% la cual se encuentra dentro de lo que establece la NMX-F-006-1983 (humedad < 8%), contenido de grasa de 7.4 g·100g<sup>-1</sup> y el de carbohidratos de 77.2% (Cuadro 17).

Cuadro 17. Calidad nutricional de la mezcla óptima de botana de avena y mango.

Composición	Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	Carbohidratos
Mezcla óptima	#3.82±0.11	7.1±0.6	7.4±0.06	2.3 ± 0.2	77.2±0.2

#Media y desviación estándar de tres repeticiones

Los resultados del contenido de fibra dietaria para la botana de avena y mango se presentan en el Cuadro 18, el valor fue de 20.3 g·100g<sup>-1</sup>, la cual representa el 67.6% de la ingesta diaria recomendada (IDR) (NOM-051-SCFI/SSA1-2010, 30 g·día<sup>-1</sup>). Esto está relacionado con el aporte de los tres ingredientes utilizados. La relación de FDT/FDS fue de 0.25 lo cual es importante ya que se ha reportado que esta relación ayuda a reducir la absorción de glucosa en la sangre, lo que resulta en un mejor control de la secreción de insulina, un aumento de la perístasis intestinal y el mantenimiento de un ecosistema intestinal saludable, entre otros (Sáyago-Ayerdi & Goñi, 2010). El resultado anterior fue reportado por Blancas-Benítez et al. (2015) de 13.39 g·100g<sup>-1</sup> para bocadillo elaborado a base de subproductos de mango Ataulfo. También, Ramírez-Maganda et al. (2015) reportaron 28 g·100g<sup>-1</sup> para una un panecillo tipo magdalena con sustitución del 50% de harina de cáscara de mango en la formulación original.

Cuadro 7. Fibra dietaria de la botana óptima de avena y mango

<b>Composición (g/100g)</b>	<b>Fibra dietaria total (FDT)</b>	<b>Fibra dietaria Insoluble (FDI)</b>	<b>Fibra dietaria soluble (FDS)</b>	<b>Relación FDT/FDS</b>
Mezcla Óptima	#20.3±0.4	15.2±0.6	5.1±0.2	0.25

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

10.2.5.2. Calidad fisicoquímica. En el Cuadro 19 se muestra un contenido de Aw inferior a 0.6 en la botana optimizada, lo que permite estabilidad ante el crecimiento microbiano (Rockland y Nishi, 1980), así mismo el contenido de textura fue de 66.7 N, relacionada con una buena evaluación sensorial en la dureza del producto; este valor es similar a la reportada por Ajila et al., 2007 en la elaboración de galletas con una incorporación de 20% de harina de cáscara de mango.

Cuadro 19. Características fisicoquímicas de la mezcla óptima de botana de avena y mango.

<b>Composición</b>	<b>Aw</b>	<b>Textura (N)</b>	<b>pH</b>	<b>SST (°Brix)</b>	<b>Acidez titulable (Ac. cítrico)</b>
Mezcla óptima	#0.31±0.002	60.6±2.6	4.8±0.02	22.0±1.0	0.08±0.003

#Media y desviación estándar de tres repeticiones. Aw=Actividad de agua. SST=Sólidos solubles totales.

El color es importante para determinar la aceptabilidad y calidad (Krokida et al., 1998). Para las botanas de avena y mango, la  $L^*=57.2$  (luminosidad),  $b^*=40.7$  (con valores positivos que indican un color amarillo) y un parámetro  $a^*=8.1$  (con valores positivos que indican un color rojo) (Cuadro 20). Dichos valores indican que la botana optimizada presenta un color marrón, entre amarillo y rojo, un color que es aceptable para los consumidores, según resultado sensorial.

Cuadro 20. Color en la mezcla óptima de avena y mango.

Producto	Luminosidad	a*	b*	Cromaticidad	Tono (°Hue)
Mezcla óptima	#57.2±2.6	8.1±1.9	40.7±1.5	41.6±1.5	79.1±2.7

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

10.2.5.3. Calidad nutracéutica. En el Cuadro 21 se muestra la calidad nutracéutica de la botana óptima de avena y mango, el contenido de fenoles = 3.41 mg de AG·g<sup>-1</sup>, este resultado es aproximado con lo reportado por Ramírez-Maganda et al. (2015) sobre la cantidad de fenoles totales que aporta una magdalena con sustitución de harina de cáscara de mango reportan un valor de 5.3 mg de AG·g<sup>-1</sup>; Pathak (2016) reportó un valor de 5.1 mg de AG/g en pan preparados con harina de cáscara de mango; donde la diferencia en el contenido de fenoles se relaciona con el % de cáscara de mango agregado.

El contenido de taninos totales de la botana fue de 2.19 mg de catequina·g<sup>-1</sup>, mismo que concuerda con el valor reportado por Clifford y Scalbert (2000), quienes para mora reportan valores de 1.5-2 mg de catequina·g<sup>-1</sup>; también mencionan que no se dispone de valores específicos para el consumo de taninos, pero ellos recomiendan no exceder de 5 mg·día<sup>-1</sup>.

La capacidad antioxidante para la botana óptima de avena y mango fue de 41.4 μmol ET·g<sup>-1</sup> de botana. Este resultado coincide con lo reportado por Blancas-Benítez et al., 2015 sobre la capacidad antioxidante que contiene un bocadillo elaborado a base de subproductos de mango y almidón modificado, reportando un valor de 28 μmol ET·g<sup>-1</sup> de aperitivo.

Cuadro 21. Calidad nutracéutica de la botana óptima de avena y mango

Producto	Fenoles totales (mg de AG/g)	Taninos totales (mg de catequina/g)	Capacidad Antioxidante DPPH (μmol de Trolox/g)
Mezcla óptima	#3.41±0.03	2.19±0.1	41.4±0.5

AG: Ácido gálico. DPPH=1,1-difenil-2-picrilhidrazil

#Media y desviación estándar de tres repeticiones.

### 10.2.6. Evaluación Sensorial

Durante el análisis sensorial, se realizaron 65 pruebas, en una escala de calificación de 1 a 10 (donde 1 indica no aceptable, y 10 muy aceptable). Los jueces que participaron utilizaron una prueba hedónica para evaluar el producto; ellos estaban familiarizados con los conceptos de "sabor general de mango". La mayoría de los jueces asignaron calificaciones de 8 a 10 para la botana óptima de avena y mango (Figura 6), y todos los jueces indicaron que si comprarían dicho producto. Los jueces agregaron comentarios acerca de que el producto estaba de buen sabor y consistencia. En general, la aceptabilidad general de la botana de mango fue buena.

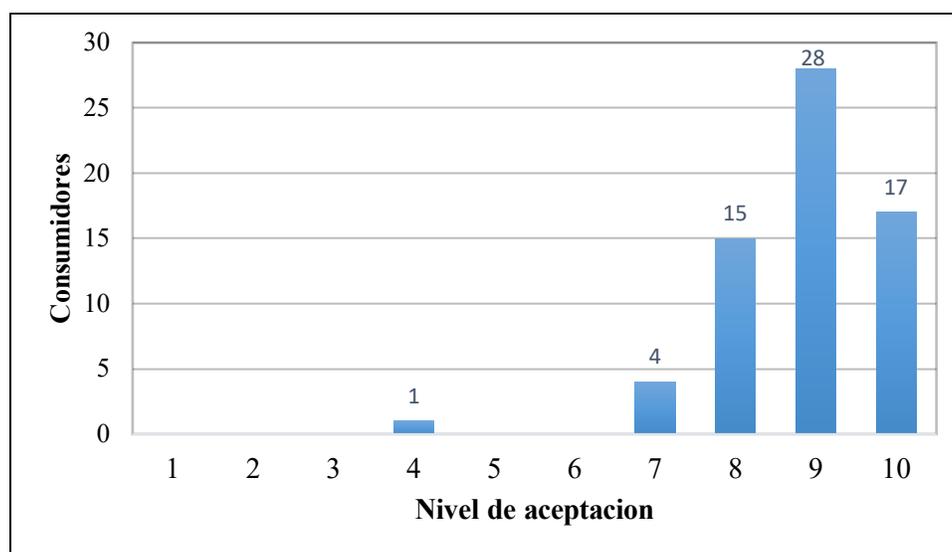


Figura 5. Prueba de aceptación sensorial en botana de avena y mango.

### 10.2.7. Análisis de Vida de Anaquel de la Mezcla Óptima

El estudio se efectuó para la botana de avena y mango La vida de anaquel se estudió en condiciones aceleradas de almacenamiento a 35, 45 y 55°C con muestreos a los 0, 15, 30 y 45 días.

10.2.7.1. Humedad. Los resultados de humedad de la botana de avena y mango (Cuadro 22) almacenada por 30 días para todas las temperaturas y 45 días a 35°C no muestran diferencia significativa, mientras que la máxima pérdida de humedad estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) fue la botana almacenada por 45 días a 55°C. Sin embargo, no se observó una relación considerable entre la pérdida de humedad con la textura. Puma-Isuiza, 2018 encontró que un valor de humedad de 6.8% en galleta es el valor límite para su aceptabilidad por los consumidores, donde encontraron que porcentajes más altos afectan la aceptación debido a la relación entre humedad/textura con características de galletas más blandas.

Tabla 22. Determinación de humedad, firmeza y rancidez en la botana de mango y avena de la mezcla óptima.

Tratamiento	Humedad (%)	Textura (Nw)	Rancidez (%)
Testigo	<sup>#</sup> 3.82 <sup>a</sup> ±0.11	60.4 <sup>a</sup> ±0.6	0.043 <sup>b</sup> ±0.01
35°C x 15 días	3.90 <sup>a</sup> ±0.03	62.12 <sup>a</sup> ±2.6	0.044 <sup>b</sup> ±0.01
45°C x 15 días	3.91 <sup>a</sup> ±0.06	57.02 <sup>ab</sup> ±1.1	0.054 <sup>b</sup> ±0.01
55°C x 15 días	3.84 <sup>a</sup> ±0.03	49.48 <sup>c</sup> ±0.5	0.056 <sup>b</sup> ±0.01
35°C x 30 días	3.88 <sup>a</sup> ±0.03	59.06 <sup>a</sup> ±0.9	0.059 <sup>ab</sup> ±0.01
45°C x 30 días	3.93 <sup>a</sup> ±0.08	53.20 <sup>c</sup> ±1.0	0.057 <sup>b</sup> ±0.01
55°C x 30 días	3.91 <sup>a</sup> ±0.03	55.25 <sup>b</sup> ±1.3	0.063 <sup>ab</sup> ±0.01
35°C x 45 días	3.76 <sup>a</sup> ±0.01	52.40 <sup>b</sup> ±0.5	0.057 <sup>b</sup> ±0.01
45°C x 45 días	2.93 <sup>b</sup> ±0.01	53.20 <sup>b</sup> ±1.5	0.067 <sup>a</sup> ±0.01
55°C x 45 días	1.73 <sup>c</sup> ±0.01	43.70 <sup>b</sup> ±0.2	0.085 <sup>a</sup> ±0.01

<sup>#</sup>Media y desviación estándar. Misma letra por variable de respuesta es estadísticamente igual (Tukey > 0.05).

10.2.7.2. Textura. Respecto a los valores de textura en la botana de avena y mango (Cuadro 22) el análisis muestra diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), con una tendencia a la pérdida de la firmeza de

la botana conforme el almacenamiento, con una tendencia clara por efecto de la temperatura. Sin embargo, en el análisis sensorial los jueces no reportan características de menor dureza en la muestra. Esto posiblemente se deba a que la pérdida de humedad de la muestra pueda estar representado por pequeñas zonas porosas que hace que se reduzca la resistencia al corte de la botana detectada objetivamente, pero no por la percepción sensorial. La textura es el parámetro de calidad de mayor importancia para los consumidores en productos horneados, donde la dureza de las galletas se puede deberse a una mayor capacidad de absorción de agua (capacidad de retención) de las mezclas que dan como resultado galletas más duras (Piga, 2015).

En un trabajo realizado por Puma-Isuiza, 2018 se determinó la vida de anaquel en galletas de soda almacenadas a tres temperaturas 35, 45 y 55 °C, donde la textura del alimento fue una de las variables; se observó que a una temperatura de 55 °C la textura de la galleta fue menor en comparación con las galletas expuestas a las demás temperaturas. La pérdida de textura puede atribuirse a la absorción de humedad, la cual favorece el ablandamiento y plasticidad de las muestras.

10.2.7.3. Rancidez: Los valores de rancidez expresados como ácidos grasos libres (AGL) en la botana optima de avena y mango (Cuadro 22) presentan un cambio de 0.043 a 0.085 % durante el almacenamiento; el cual no se considera que el alimento presentó un daño durante el proceso de horneado ni cambios considerables por la alta temperatura de 55°C de almacenamiento; si se considera como referencia la calidad del aceite puro presenta 0.02-0.05% de ácidos grasos libres (Tacias et al, 2016). Sin embargo, este cambio puede ser sugerido para evaluar la vida útil de esta botana, ya que el análisis de varianza muestra valores significativos en el tiempo de almacenamiento. Esto posiblemente se pueda deber a que el agua de la botana y el calor son necesarios para acelerar la hidrólisis de los triglicéridos e incrementan el contenido de ácidos grasos libres, lo que se puede afectar el color del ácido graso en tonalidad más oscura y un olor desagradable (Felizardo et al. 2006). El valor máximo permitido de AGL para papas fritas es de 1.5% ácido oleico (CODEX STAN 114-1981).

Los cambios en ácidos grasos libres se tomarán de referencia para estimar la vida de anaquel de la botana optimizada, donde es necesario conocer la cinética de cambio durante el tiempo por efecto de la temperatura (Figura 6), donde se observa que el valor de rancidez en la botana optimizada de avena y mango aumenta respecto al tiempo y su comportamiento es lineal ( $y=mx +b$ ).

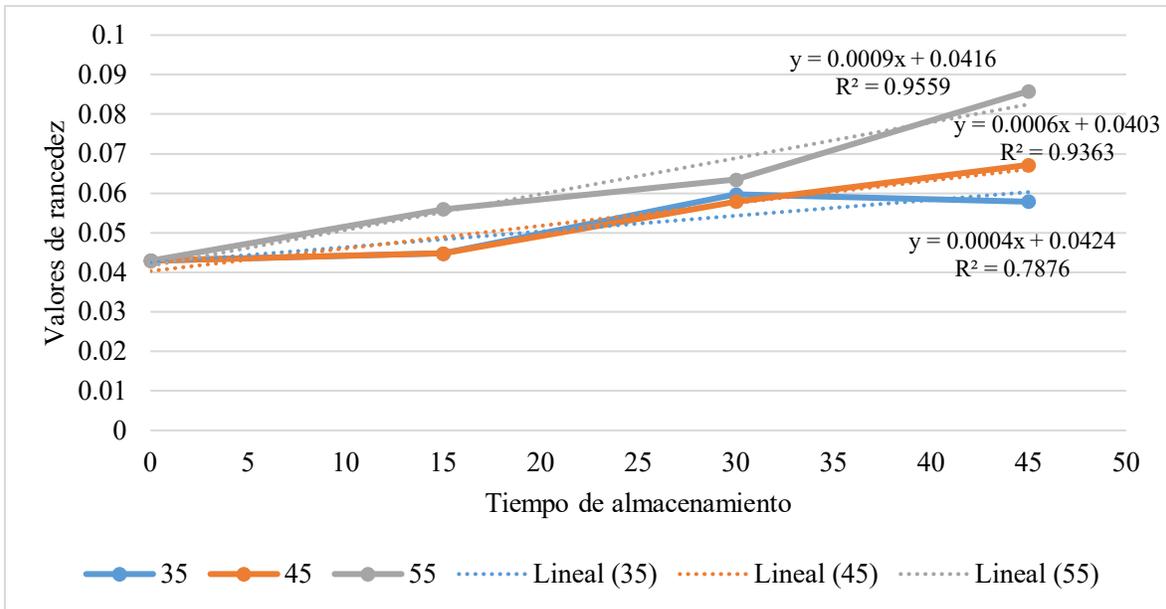


Figura 6. Ácidos grasos libres en botana optimizada almacenadas a 35, 45 y 55°C.

Las ecuaciones lineales obtenidas de la figura 6 para las muestras almacenadas a diferentes temperaturas se representan, para 35 °C  $y = 0.0004x + 0.0424$ , 45°C  $y = 0.0006x + 0.0403$  y 55°C  $y = 0.0009x + 0.0416$ . Para el cálculo de la vida de anaquel en relación a la cantidad máxima de ácidos grasos libres (0.25 % para productos panificados) se representa en la tabla 23. Según vida útil en la botana en relación a la temperatura se calcula la ecuación general de vida de anaquel (Figura 7).

Cuadro 23. Cálculo de vida útil en botana de avena mango a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	m	b	y	Vida útil (días)
35	0.0004	0.0423	0.25	519
45	0.0006	0.0403	0.25	350
55	0.0009	0.0416	0.25	232

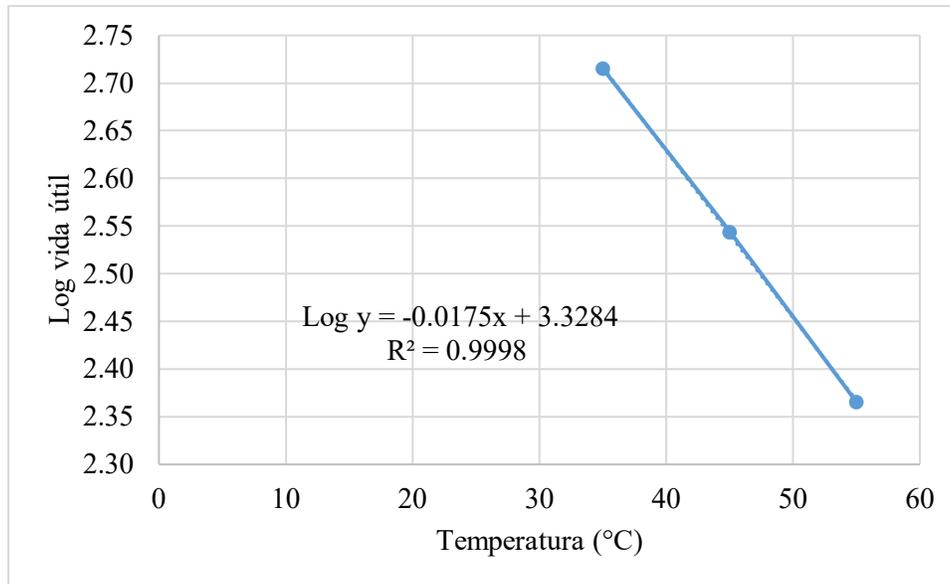


Figura 7. Gráfico del log de la vida útil en función a las temperaturas.

En la figura 7 se observa la transformación del logaritmo de la vida útil a 35, 45 y 55°C según tabla 23, arrojando la ecuación:  $\text{Log vida útil} = 3.3284 - 0.0175 \cdot T$  y aplicando antilogaritmo se obtiene la ecuación 14. Donde, la vida de anaquel de la botana de avena-mango almacenada a 30°C tendría una vida de anaquel de 636 días.

$$(14) \quad \text{Vida útil} = 10^{3.3284 - 0.0175 \cdot T \text{ (}^\circ\text{C)}}$$

10.2.7.4. Color. Respecto a los valores para el color en la botana óptima de avena y mango el análisis de varianza muestra valores significativos en la interacción de tiempo vs temperatura de almacenamiento. En el Cuadro 24 se muestra los cambios en las variables de color de las botanas avena- mango, con cambios significativos en todas las variables, principalmente en las muestras almacenadas por 45 días a 55°C, pero de poca afectación a producto en su apariencia; se observa pérdida de luminosidad asociada a pérdida de valor de color  $b^*$  y a una menor saturación del producto. Con respecto a tono, se presentó una pérdida de 5°Hue a los 45 días de almacenamiento, característico de una tonalidad hacia el color marrón (posible reacción de Maillard o caramelización) por efecto del calor.

Cuadro 24. Determinación de las variables para la vida útil de la mezcla óptima

T/tiempo días	Luminosidad	a*	b*	Cromaticidad	°Hue
Testigo	#57.48 <sup>a</sup> ±0.8	8.1 <sup>a</sup> ±0.8	40.2 <sup>a</sup> ±0.1	41.3 <sup>a</sup> ±0.2	79.5 <sup>a</sup> ±0.4
35°C x 15	56.30 <sup>a</sup> ±0.1	6.9 <sup>a</sup> ±0.1	35.2 <sup>a</sup> ±0.5	35.9 <sup>b</sup> ±0.4	78.0 <sup>a</sup> ±0.4
45°C x 15	56.33 <sup>a</sup> ±0.3	6.3 <sup>a</sup> ±0.2	36.2 <sup>a</sup> ±0.3	36.7 <sup>b</sup> ±0.3	79.6 <sup>a</sup> ±0.7
55°C x 15	56.33 <sup>a</sup> ±0.3	7.0 <sup>a</sup> ±0.8	34.5 <sup>a</sup> ±0.3	35.3 <sup>b</sup> ±0.3	78.8 <sup>a</sup> ±0.3
35° x 30	51.2 <sup>c</sup> ±0.5	8.2 <sup>a</sup> ±0.5	40.1 <sup>a</sup> ±0.1	35.6 <sup>b</sup> ±0.8	79.1 <sup>a</sup> ±0.8
45°C x 30	56.1 <sup>a</sup> ±0.9	9.1 <sup>a</sup> ±0.6	39.6 <sup>a</sup> ±0.1	38.9 <sup>ab</sup> ±1.6	81.5 <sup>a</sup> ±0.7
55°C x 30	53.8 <sup>b</sup> ±1.0	8.0 <sup>a</sup> ±0.8	40.9 <sup>a</sup> ±0.1	37.8 <sup>ab</sup> ±1.3	80.0 <sup>a</sup> ±0.5
35° x 45	52.2 <sup>c</sup> ±0.1	8.2 <sup>a</sup> ±0.6	30.6 <sup>c</sup> ±0.7	31.7 <sup>c</sup> ±0.4	74.0 <sup>b</sup> ±1.0
45°C x 45	54.9 <sup>b</sup> ±0.3	6.2 <sup>b</sup> ±0.09	32.7 <sup>b</sup> ±0.5	33.4 <sup>c</sup> ±0.6	79.2 <sup>a</sup> ±0.2
55°C x 45	52.8 <sup>c</sup> ±0.3	8.8 <sup>a</sup> ±0.6	31.5 <sup>bc</sup> ±0.5	32.2 <sup>c</sup> ±1.1	74.5 <sup>b</sup> ±1.5

#Media y desviación estándar. Misma letra por variable de respuesta es estadísticamente igual (Tukey > 0.05).

10.2.7.5. Análisis microbiológicos. Para la evaluación de la calidad microbiológica en la botana de avena-mango almacenada por 45 días a 35, 45 y 55 °C se muestra en el Cuadro 25. En ninguno de los tratamientos se encontró crecimiento de microorganismos que pudieran afectar la calidad del alimento y de importancia al sector salud. Solo se detectó la presencia menor de 50 UFC·g<sup>-1</sup> de bacterias mesófilas aeróbicas, este valor muy inferior a los 30,000 UFC·g<sup>-1</sup> que se tiene como límite para galletas según la NMX-F-006-1983.

Cuadro 25. Determinación de la calidad microbiológica de la botana óptima

Microorganismos UFC·g <sup>-1</sup>	Días de almacenamiento								
	15			30			45		
<i>Echerichia coli</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes totales	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coliformes fecales	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesófilos aerobios	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50
Hongos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Levaduras	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Salmonella spp</i>	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A: Ausencia. UFC: Unidad formadora de colonia

## 11. CONCLUSIONES

Tecnológicamente fue factible elaborar un producto tipo botanas con la mezcla de avena, harina de cáscara de mango y pulpa de mango con buenas características nutricionales y nutracéuticas.

La mezcla de 45.3% de avena, 5.5 % de cáscara, 28.2% de pulpa de mango e ingredientes, permite elaborar una botana óptima con cantidades considerables de proteína, fibra dietaria y contenido de fenoles.

La botana elaborada con la mezcla óptima a base de avena y mango presentó ausencia de crecimiento microbiano y fue sensorialmente aceptable, con respuesta de posibilidad de compra; así como una estabilidad y excelente calidad por 21 meses si se almacena a 30°C.

Los resultados de la calidad química de la botana elaborada a base de avena y mango, indican que este alimento tiene características de una botana saludable, además es de fácil manejo, de buena aceptación sensorial y con capacidad de mantener su forma durante la comercialización.

## 12. REFERENCIAS

- Ahmad A., Muhammad A.F., Zahoor T., Nawaz H. y Ahmed Z. 2010. Extraction and characterization of  $\beta$ -glucan from oat for industrial utilization. *International Journal of Biological Macromolecules*. 46(3): 305-309.
- Ajila C.M. y Prasada-Rao U.J.S. 2013. Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound phenolics. *Journal of Functional Foods*. 5 (1): 444-450.
- Ajila C.M., Naidu S.G., Bhat U.J.S y Prasada R. 2007. Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food Chemistry*. 105 (3): 982-988.
- Ashoush I.S y Gadallah M.G.E. 2011. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in Biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 6(1): 35-42.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 35-05, 1998, Método Oficial de determinación de fibra dietaria.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 920.39, 1998, Método Oficial de determinación de grasa.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 930.15, 1998, Método Oficial de determinación de humedad.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 942.05, 1998, Método Oficial de determinación de cenizas.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 955.06, 1998, Método Oficial de determinación de minerales.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 985.29, 1998, Método Oficial de determinación de fibra dietaria.
- Association of Official Analytical Chemists, A.O.A.C. 988.05, 1998, Método Oficial de determinación de proteína.
- Ashoush I. y Gadallah M.G.E. 2012. Utilization of mango peels and seed kernels powders as sources of phytochemicals in biscuit. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 6(1): 35-42.
- Athayde U.A.M., Correia C.J.M., Arraes M.G., Ribeiro M.T., Machado S.P.H y Montenegro B.I. 2009. Formulation and physicochemical and sensorial evaluation of biscuit-type cookies supplemented with fruit powders. *Plant Foods for Human Nutrition*. 64: 153-159.
- Aziz N.A., Wong L.M., Bhat R y Cheng L.H., 2011. Evaluation of processed green and ripe mango peel and pulp flours (*Mangifera indica* var Chokanan) in term of chemical composition, antioxidant compounds and functional properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(3): 557-563.
- Badui-Delgar S. 2013. *Química de los Alimentos*. PEARSON. 5<sup>ta</sup> edición. México p.p. 88-89.
- Ballina-Díaz, E. (2013). *Mango: cultivo, tratamiento pre y postcosecha: propiedades nutrimentales*

y funcionales (tesis de maestría). Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.

- Barman K. 2004. Biodegradation of tanniniferous feeds and their influence on nutrient utilization and productivity of the dairy animals. Ph.D (thesis). Submitted to NDRI, Karnal.
- Bhattacharya A. 2004. Modulation of L-type calcium channels in *Drosophila* via a pituitary adenylyl cyclase-activating polypeptide (PACAP)-mediated pathway. *J Biol. Chem.* 279(36): 37291--37297.
- Blancas-Benítez F., Avena-Bustillos R.J., Montalvo-González E., Sáyago-Ayerdi S.G y McHugh T.H. Addition of dried 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L.) by-products as a source of dietary fiber and polyphenols in starch molded mango snacks. *Journal of Food Science and Technology.* 52(11): 7393–7400.
- Bravo L. 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews.* 56(11): 317-333.
- Casp A y Abril J. 1999. *Procesos de conservación de Alimentos.* España: Ediciones Mundi-Prensa. 494 pp.
- Carrillo-Inungaray M.L y Reyes-Munguía A. 2007. Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias.* 2 (3): 25.
- Clemens R y Jan-Willem V.K. 2014. Oats, more than just a whole grain: an introduction. *British Journal of Nutrition.* 112(S1): S1–S3.
- Clementz A. y Delmoro J. 2011. Snacks Frutales. *Invenio,* 14(27): 153-163.
- Cruz A., Guamán M., Castillo M., Glorio P y Martínez R. 2015. Fibra dietaria en subproductos de mango, maracuyá, guayaba y palmito. *Revista Politecnica.* 36(2): 1-7.
- Cuellar-Nuñez M. L. 2014. Desarrollo, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana horneada a partir de harina de maíz (*Zea Mays* L.) nixtamalizado y frijol común (*Phaseolus Vulgaris* L.) cocido (tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.
- Delgado-Nieblas C., Zazueta-Morales J., Gallegos-Infante J., Aguilar- Palazuelos E., Camacho-Hernández I., Rocha-Guzmán N y González-Ladero R. 2011. Elaboración y caracterización de Alimentos botana de tercera generación expandidos por microondas enriquecidos con harinas de calabaza cehualca (*Cucurbit moschata* D) y Maíz amarillo (*Zea mays* L.) (tesis pregrado). Universidad de Guanajuato, Guanajuato.
- Derossi A.L., Mastrandrea M.L., Amodio M.L.V., Chiara G.C. 2016. Application of multivariate accelerated test for the shelf life estimation of fresh-cut lettuce. *Journal of Food Engineering.* 169: 122-130.
- Elke G., Kuhnt E., Ragaller M., Schadler D., Frerichs I., Brunkhorst F.M., Loffler M., Reinhart K y Weiler N. 2013. Enteral nutrition is associated with improved outcome in patients with severe sepsis. A secondary analysis of the VISEP trial. *Medizinische Klinik-Intensivmedizin and Notfallmedizin.* 108: 223-233.
- Escudero A. E. y González S. 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria.* 21(2):61-72.
- FAO. 2011. Organización Mundial de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

La alimentación. EU. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s02.pdf>.

- FAO. 2017. El futuro de la alimentación y la agricultura: tendencias y desafíos. EU. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>.
- Felizardo P., Neiva Correia M. J., Raposo I., Mendes J. F., Berkemeier R. y Bordado J. M. 2006. Production of biodiesel from waste frying oils. *Waste Management*. 26 (5): 487-494.
- Fernández-López C.M., Moreno-More D.M., Arias-Palacios J y Granados, J.M. 2007 Metodología para la validación del llenado aséptico en un proceso de liofilización. *Revista Cubana de Farmacia*.41(1): 13 pp.
- Fernández A., Rojas E., García A., Mejía J y Bravo A. 2016. Evaluación fisicoquímica, sensorial y vida útil de galletas enriquecidas con subproductos proteicos de suero de quesería. *Revista Científica*. 26(2): 71-79.
- Fu B. y Labuza T.P. 1997. Shelf-life testing: procedures and prediction methods. In: *Quality in Frozen Food*. M. C. Erickson and Y. C. Hung (eds.). Chapman y Hall. New York, USA. pp:377-415.
- Gamboa-White M., Viquez-Rodriguez F y Cubero-Castillo E. 2010. Utilización del método de superficie de respuesta para formular una base de banano (Musa AAA) para batidos. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(1): 81-91.
- Gilabert J. 1992. Medida del color. Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, España. 320 p.
- Gómez P. 2013. Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3ra Generación a base de chia y almidón de maíz resistente AR4 (tesis de maestría). Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.
- González-González G., Pirovani M.E., Piagentini A.M., Ulin-Montejo F., Miranda-Cruz E., Osorio-Osorio R., Maldonado-Enriquez y Salinas-Hernandez R.M. Cinética de cambios sensoriales y vida de anaquel de carambola mínimamente procesada. *Revista Fititecnica Mexicana*. 39 (3): 11.
- Guidi-Figueroa A., León-Maldonado W., Fernández-Rivera N y Goltret-Muñoz J. 2015. Implementation del método alternativo petrifilm para determinar coliformes y bacterias aerobias mesófilas en la industria de lácteos “Pairumani” y el laboratorio “lidiveco” de Senasag. *Journal Boliviano de Ciencias*. 11(35): 8 pp.
- Guy R.C. 2000a. Raw materials for extrusion cooking. In *extrusion cooking*. Guy Robin (Ed.) CRC Press Boca Raton Boston New York Washington, DC. Chapter 2: 5-28.
- Heil M., Baumann B., Andary C., Linsenmair KE y McKey D. 2002. Extraction and cuantification of “condensed tannins” as a measure of plant anti-herbivore defence? Revisiting an old problem. *Naturwissenschaften*. 89: 519–524.
- Henríquez C., Córdova A., Almonacid, S y Saavedra, J. 2014. Kinetic modeling of phenolic compound degradation during drum-drying of apple peel by-products. *Journal of Food Engineering*.143: 146 -153.
- Hernandez E.A. 2005. Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogota. pp 9-14.

- Infante F.J., Quilantán F., Rocha H., Esquinca A., Castillo G., Ibarra N y Patacio V. 2011. Mango Ataulfo: Orgullo chiapaneco. CONABIO, Biodiversitas.96: 1-5.
- Iqbal M., Saeed A y Iqbal S. 2009. FTIR spectrophotometry, kinetics and adsorption isotherms modeling, ion exchange, and EDX analysis for understanding the mechanism of Cd<sup>2+</sup> and Pb<sup>2+</sup> removal by mango peel waste. *Journal of Hazardous Materials*. 165 (1): 161-171.
- Jahurula M.H.A., Zaidul I.S.M., Ghafoor K., Juhaimi A., Kar-Lin N., Norulaini N.N.A., Sahena F y Mohd O. 2015. Mango (*Mangifera indica* L.) by-products and their valuable components: A review. *Food Chemistry*. 183: 173-180.
- Kakali B., Chakraborty C y Bhattacharyya. 2014. Fortification of mango peel and powder in cookies formulation. *Journal of Academia and Industrial Research*. 2: 661-665.
- Klose C., Schehl D.B y Arendt E.K.2009. Fundamental study on protein changes taking place during malting of oats. *Journal of Cereal Science*. 49(1): 83-91.
- Kuehl, R. O. 2001. Principios estadísticos para el diseño y análisis de investigaciones. Thomson Learning. 2da. 680 pp.
- Lozoya-Castillo D.L., Castillo-Hernández S.L., Hernández-Marín D.A., Rivas-Morales C y Sanchez-García. 2018. Evaluación de la actividad antimicrobiana, antiinflamatoria y antioxidante de subproductos de *Opuntia ficus-indica* y *Mangifera indica*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 3: 139-144.
- Lizárraga V.C.E y Hernández G.C. 2018. Polifenoles de la cáscara de mango para la acuicultura. *Revista Ciencia*. 69(1): i1-i6.
- Medina M.J.C., Vargas O.M.A y Coronel A. 2002. MANGO: Operaciones posteriores a la cosecha. Roma: FAO.
- Morton F.J. (1987). Passionfruit. In: Morton J. Ed *Fruits of Warm Climates*. Miami, Florida: 320-328.
- Muy R.M., Espinoza, V.B., Siller, C.J., Sañudo B.A., Valdez T.B y Osuna E.T. 2009. Efecto del 1-metilciclopropeno (1-MCP) y de una película comestible sobre la actividad enzimática y calidad poscosecha del mango 'ataulfo'. *Revista Fitotecnia Mexicana*.32(1).
- Nakasone H. y Paull R. 1998. *Tropical fruits*. CABI International. 2da edition.408 pp.
- Nieto C. 2014. Técnicas de cocción: sabor, color, textura y nutrientes a buen recaudo. *Farmacia Profesional*. 28 (3): 1-5.
- Nollet L.M.L. 2004. *Handbook of Food Analysis*. 2<sup>da</sup> edición. 705 pp.
- NMX-F-006-1983. Alimentos. Galletas. Food. Cookie. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- Okpala L L.C y Gibson U.G.I. 2013. Physicochemical Properties of Mango Seed Flour. *Nigerian Food Journal*. 31(1): 23-27.
- OMS, 2015. Organización Mundial de las Naciones Unidas. <http://www.who.int/foodsafety/es/>.
- Ortega R.M., Aparicio V.A., Jiménez O.A.I y Rodriguez, R.E. 2015. Cereales de grano completo y sus beneficios sanitarios. *Nutrición Hospitalaria*.32(1): 25-31.
- Pathak D., Majumdar J., Raychaudhuri U y Chakraborty R. 2016. Characterization of

- physicochemical properties in whole wheat bread after incorporation of ripe mango peel. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 10(3): 554–561.
- Pineda D. 2007. Tendencias en Snacks nutritivos. *Célula de Alimentos y Bebidas*. Recuperado de: <http://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/alertas/documento/doc/1045099415rad4EA77.pdf>.
- Puma-Isuiza G.G., Liñan-Perez J.F., Coavoy S.I., Coronado O.J., Salas V.W.F y Vargas-Delgado L.F. 2018. Vida en anaquel de galletas saladas utilizando pruebas aceleradas. *Anales Científicos*. 79 (1): 218-225.
- Ramírez-Maganda J., Blanca-Benítez J.F., Zamora-Gasga V.M., García-Magaña M.L., Bello-Pérez L.A., Tovar J y Sáyago-Ayerdi S.G. 2015. Nutritional properties and phenolic content of a bakery product substituted with a mango (*Mangifera indica*) ‘Ataulfo’ processing by-product. *Food Research International*. 73: 117-123.
- Ramos F.G. 2013. Maíz, Trigo y Arroz. Los cereales que alimentan al mundo. Monterrey, Nuevo León: La ciencia a tu alcance. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>.
- Rangrej V., Shah V., Patel P.M y Ganorkar P.M. 2015. Effect of shortening replacement with flaxseed oil on physical, sensory, fatty acid and storage characteristics of cookies. *Journal of Food Science and Technology*. 56 (6): 3694-3700.
- Rasane P., Alok J., Sabikhi L., Kumar A y Unnikrishnan V. 2015. Nutricional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods- a review. *Journal of Food Science and Techology*. 52(2): 662-675.
- Rockland L. B y Nishi, S. 1980. Influence of water activity on food product quality and stability. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. 34(4): 46-59.
- Rojas C., Tripaldi P., Pérez A y Quinteros P. 2012. Diseño experimental y métodos de decisión multicriterio para optimizar la composición del helado mantecado. *Scientia Agropecuaria*. 1: 51-60.
- Ruiz F.E.E., Mejía R.O., Herrera A.A y Cortés G.J. 2011. Consumo de avena (*Avena sativa*) y prevención primaria de la dislipidemia en adultos sin restricción dietética. *Atención Familiar*. 18(2): 35-37.
- SAGARPA, 2015. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación.
- SAGARPA, 2018. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Recuperado de: <https://www.gob.mx/sagarpa/7Cjalisco/articulos/crece-15-7-la-exportacion-de-mago-de-jalisco-y-abrieron-nuevos-mercados-de-destino-2017>.
- Sakac M., Pestoric M., Mandic A., Misan A., Nedeljkovic N., Jambrec D., Javanov P., Lazic V., Pezo L y Sedej I. 2016. Shelf-life prediction of gluten-free rice-buckwheat cookies. *Journal of Cereal Science*. 69: 336-343.
- Sáyago-Ayerdi G y Goñi I., 2010. *Hibiscus sabdariffa* L. Fuente de Fibra antioxidante. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 60(1): 1-6.
- Sánchez-González J.A y Pérez J.A.P. 2016. Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*. 7 (3): 215-222.

- SIAP. 2016. Servicio de Informacion Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de: [http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/).
- Sogi D.S., Siddiq M., Greiby I y Dolan K. 2013. Totals phenolics, antioxidant activity, and functional properties of ‘Tommy Atkins’ mango peel and kernel as affected by drying methods. *Food Chemistry*. 141 (3): 2649-2655.
- Statistica. 2016. Statista. Recuperado de: <https://es.statista.com/>.
- Suaterna H. 2009. La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*. Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia 11(1): 39-53.
- Swain T y Hillis W.E. 1959. The phenolic constituents of *Prunus doméstica*, The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 10(1): 63-68.
- Tacias-Pascacio V G., Rosales Q.A y Torrestiana S.B. 2016. Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 32 (3) 303-313.
- Tharanathan R.N., Yashoda H.M y Prabha T.N. 2007. Mango (*Mangifera indica* L), “The King of fruits”- an overview. *Food Reviews International*. 22 (2): 95-123.
- Tiwari V.M., Wahr J y Swenson S. 2009. Dwindling groundwater resources in northern India, from satellite gravity observations. *Geophysical Research Letters*. 36: 1-5.
- Torres-León C., Ramírez-Guzmán N., Londoño-Hernández L., Martínez-Medina G.A., Díaz-Herrera R., Navarro-Macías V., Álvarez-Pérez O.B., Picazo B., Villarreal-Vázquez M., Ascacio-Valdéz J y Aguilar C.N. 2018. Food Waste and Byproducts: An Opportunity to Minimize Malnutrition and Hunger in Developing Countries. *Food Research Department, School of Chemistry*. 2: 1-17.
- Torres-León C., Rojas R., Contreras E.C., Serna-Cock L., Belmares R.E y Aguilar, C.N. 2016. Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 55: 109-117.
- Vasanthaiiah H.K.N., Ravishankar K.V y Mukunda G.K. 2007. Mango. In: Kole C. *Editoriald Fruits y Nutritions. Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants*, vol 4. Springer, Berlín, Heidelbergpp. pp 303-323.
- Whitehead A., Beck E., Tosh, S y Wolever M. 2014. Cholesterol-lowering effects of oat b-glucan: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 100(6): 1413-1421.
- Zbikowska A., Kozłowska M., Poltorak A., Kowalska M., Rutkowska y Kupiec M. 2018. Effect of addition of plant extracts on the durability and sensory properties of oat flake cookies. *Journal of Thermal Analysis and Colorimetry*. 134: 1101-1111.
- Zhang H y Tsao R. 2016. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science* 8: 33-42.