



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS  
DE HIDALGO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA  
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS**

**ELABORACIÓN DE UNA BOTANA DESHIDRATADA DEL  
FRUTO TIMBIRICHE (*BROMELIA HEMISPHAERICA*)**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA**

**PRESENTA:**

**p.Q.F.B. Yara Isela Rodriguez Carranza**



**Asesor de Tesis  
Q.F.B. María Gloria Cornelio Moreno**

**Morelia, Michoacán, octubre 2020**

## **DEDICATORIA**

A mis padres

Isidro Rodríguez, Maribel Carranza.

Gracias por darme la vida, a ti mamá porque se todo el esfuerzo que hiciste para que yo pudiera llegar hasta esta etapa, espero que pueda recompensarte algún día. Y a ti papá por apoyarme siempre en todas mis decisiones, aunque no estuvieras de acuerdo, te admiro mucho y te respeto, como papá eres el mejor.

A mis hermanos, Iván, Ángeles y Gema, este logro es de todos, sabemos el esfuerzo que nos costó a cada uno porque siempre trabajamos para todos.

A mi abuelita Ramona, que sé que desde el cielo está muy feliz y orgullosa de haber seguido los pasos de mis tíos al concluir una carrera profesional.

A toda mi familia porque me siento muy afortunada en tenerlos y de lo unidos que son cuando nos necesitamos.

A Daniel Hernández por inspirarme a ser mejor persona cada día, salir adelante y tener una sonrisa siempre. Te amo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la oportunidad de vivir y llegar hasta esta etapa de mi vida.

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), Facultad de Químico Farmacobiología, por ser mi casa de estudios y formarme, así como ofrecer los valores y conocimientos para ser una profesionista de bien.

Al Instituto de Investigaciones Metalúrgicas y Laboratorio de Espectrofotometría de Absorción Atómica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por las facilidades proporcionadas para los análisis correspondientes.

A mi asesora de Tesis QFB. María Gloria Cornelio Moreno por su disposición, tiempo y esfuerzo que dedico para que pudiera realizar este trabajo, por su paciencia y generosidad al aceptar apoyarme en esta actividad tan importante para mi formación profesional.

A la M.C. Rosa María García Martínez por permitirme desarrollar este proyecto en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Químico Farmacobiología de la UMSNH y por las facilidades proporcionadas en cuanto a préstamo de equipo.

A la M.C. Diana Cecilia Maya Cortés por todos los conocimientos transmitidos en la impartición de su laboratorio y el apoyo en la revisión de este proyecto.

Al D.C Raúl Cortés Martínez por su apoyo en los análisis que se hicieron en los distintos laboratorios de la UMSNH.

A Diana Ordaz que siempre tuvo la disposición de traerme los timbiriches de Ziracuaretiro.

A mis amigos que siempre me acompañaron en este camino y lo hicieron muy divertido, Becky, Chuy, Cinthya, Daniel, Diana, Gerardo, Irazú, Lupita y Vane, en especial a ti chuy por prestarme tu computadora para que pudiera terminar este proyecto. Amigos espero que la vida siga conservando esa amistad, aunque estemos lejos.

A mi familia, mis papás Maribel e Isidro, sé del esfuerzo que fue, pues los gastos de tener tres personas estudiando y un bebe al mismo tiempo no es fácil, mi total admiración para ustedes, les agradezco mucho el haberme dado la oportunidad de formarme como profesional.

Ivan, gracias por enseñarme el vivir en Morelia, gracias a ti no estuve sola y por enseñarme de la vida, Ángeles gracias por apoyarme cuando lo necesité y hacerme de comer cuando estabas aquí, y a ti Gema, gracias por ser mi inspiración y mi motor para seguir adelante siempre.

A mis tíos que siempre me apoyaron cuando lo necesite, Mireya, Blanca, Lulú y Jorge.

Y por último tú Daniel Hernández, gracias por compartir tu vida conmigo, estar siempre para mí y apoyarme en mis decisiones, animarme cuando me sentía mal y ayudarme cuando me sentía perdida. Con cada duda que tenía siempre tuviste una respuesta para mí, gracias de corazón y sabes lo importante que eres en mi vida.

# ÍNDICE GENERAL

|  |             |
|--|-------------|
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>I</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTOS .....</b>   | <b>II</b>   |
| <b>ÍNDICE GENERAL.....</b>   | <b>IV</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>  | <b>VIII</b> |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>   | <b>IX</b>   |
| <b>ÍNDICE DE GRÁFICAS.....</b>   | <b>X</b>    |
| RESUMEN .....  | 11          |
| ABSTRACT.....  | 12          |
| <b>1. INTRODUCCION .....</b>   | <b>13</b>   |
| <b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>   | <b>14</b>   |
| 2.1 FRUTO TIMBIRICHE ( <i>BROMELIA HEMISPHAERICA</i> ).....                                      | 14          |
| 2.2 ANTECEDENTES .....   | 15          |
| 2.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....  | 16          |
| 2.4 FORMA DE REPRODUCCIÓN.....   | 16          |
| 2.5 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.....   | 17          |
| 2.6 USOS .....   | 17          |
| 2.7 BOTANA DESHIDRATADA O SNACK NUTRITIVO.....   | 18          |
| 2.7.1 La obesidad y el impacto de los snacks nutritivos con base en frutas<br>deshidratadas..... | 19          |
| 2.8 METODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS: DESHIDRATACIÓN<br>OSMÓTICA Y DESHIDRATACIÓN SOLAR..... | 20          |
| 2.8.1 Deshidratación osmótica.....   | 20          |
| 2.8.2 Deshidratado solar .....   | 22          |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 2.8.3     | Deshidratado solar indirecto .....  | 23        |
| 2.9       | POLIFENOLES .....   | 24        |
| 2.10      | RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES .....  | 26        |
| 2.10.1    | Sistema Antioxidante Celular.....   | 27        |
| 2.11      | MINERALES .....   | 28        |
| 2.11.1    | Calcio .....  | 29        |
| 2.11.2    | Magnesio .....  | 29        |
| 2.12      | FIBRA.....  | 29        |
| 2.12.1    | Fibra dietética .....   | 30        |
| 2.13      | VIDA DE ANAQUEL .....   | 31        |
| 2.13.1    | Aspectos microbiológicos .....  | 33        |
| 2.13.2    | Aspectos químicos .....   | 33        |
| 2.14      | ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.....  | 34        |
| <b>3.</b> | <b>JUSTIFICACIÓN .....</b>  | <b>38</b> |
| 3.1       | HIPÓTESIS.....  | 38        |
| 3.2       | OBJETIVOS .....   | 38        |
| 3.2.1     | Objetivo general .....  | 38        |
| 3.2.2     | Objetivos específicos .....   | 38        |
| <b>4.</b> | <b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>   | <b>40</b> |
| 4.1       | MATERIALES Y EQUIPOS.....   | 40        |
| 4.2       | METODOLOGÍA .....   | 41        |
| 4.2.1     | CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL FRUTO .....   | 42        |
| 4.2.2     | DETERMINACIÓN DE COLOR .....  | 43        |
| 4.2.3     | TEXTURA.....  | 44        |
| 4.2.4     | ELABORACIÓN DE LA BOTANA.....   | 44        |
| 4.2.4     | ANÁLISIS PROXIMAL: FRUTO, SEMILLA, BOTANA DESHIDRATADA<br>NATURAL, BOTANA DESHIDRATADA CON CHILE..... | 45        |
| 4.2.4.1   | Determinación de humedad.....   | 45        |
| 4.2.4.2   | Determinación de cenizas.....   | 46        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 4.2.4.3   | Determinación de lípidos .....  | 46        |
| 4.2.4.4   | Determinación de proteína .....   | 47        |
| 4.2.4.5   | Determinación de fibra cruda .....  | 47        |
| 4.2.5     | DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA .....  | 48        |
| 4.2.6     | ANÁLISIS SENSORIAL.....   | 48        |
| 4.2.7     | POLIFENOLES EXTRAÍBLES .....  | 49        |
| 4.2.8     | CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....   | 49        |
| 4.2.8.1   | Capacidad antioxidante para el radical DPPH .....                                       | 50        |
| 4.2.8.2   | Capacidad antioxidante para el radical ABTS .....                                       | 50        |
| 4.2.9     | DETERMINACIÓN DE VITAMINA C.....  | 51        |
| 4.2.10    | DETERMINACIÓN DE MINERALES: CA Y MG. ....   | 51        |
| 4.2.11    | VIDA DE ANAQUEL .....   | 52        |
| 4.2.12    | ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....   | 54        |
| 4.2.12.1  | Bacterias mesofílicas aerobias: NOM-092-SSA1-1994 .....                                 | 54        |
| 4.2.12.2  | Coliformes totales en placa: NOM-113-SSA1-1994.....                                     | 54        |
| 4.2.12.3  | NMP de coliformes fecales: NOM-210-SSA1-2014. Apéndice H.....                           | 54        |
| 4.2.12.4  | Mohos (hongos) y levaduras: NOM-111-SSA1-1994.....                                      | 55        |
| 4.2.12.5  | <i>Staphylococcus aureus</i> : NOM-210-SSA1-2014. Apéndice B .....                      | 55        |
| 4.2.12.6  | Enterotoxina estafilocócica: Método Elisa NOM-243-SSA1-2010 .....                       | 55        |
| 4.2.12.7  | <i>Salmonella spp</i> : NOM-210-SSA1-2014 Apéndice A.....                               | 55        |
| 4.2.12.8  | <i>Escherichia Coli</i> : NOM-210-SSA1-2014. Apéndice I.....                            | 56        |
| 4.2.12.9  | <i>Listeria monocytogenes</i> : NOM-210-SSA1-2014. Apéndice C.....                      | 56        |
| 4.2.12.10 | <i>Vibrio parahaemolyticus</i> : Bacteriology Analytical Manual, May 2004, Cap. 9 ..... | 57        |
| <b>5</b>  | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>   | <b>58</b> |
| 5.1       | CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL FRUTO .....   | 58        |
| 5.2       | DETERMINACIÓN DE COLOR .....  | 58        |
| 5.3       | DETERMINACIÓN DE TEXTURA .....  | 59        |
| 5.4       | ANÁLISIS PROXIMAL .....   | 60        |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BOTANA .....                              | 62        |
| 5.6 POLIFENOLES .....  | 63        |
| 5.7 ANTIOXIDANTES .....  | 64        |
| 5.8 VITAMINA C .....   | 69        |
| 5.9 FIBRA DIETÉTICA.....   | 69        |
| 5.10 MINERALES.....  | 70        |
| 5.11 ANÁLISIS DE VIDA DE ANAQUEL.....                                  | 70        |
| 5.12 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO .....                                     | 73        |
| <b>6 CONCLUSIONES.....</b>   | <b>75</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                | <b>77</b> |
| <b>ANEXO 1: CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACION SENSORIAL.....</b> | <b>83</b> |
| <b>ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO. ....</b>           | <b>84</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 : Frutos de ( <i>Bromelia hemisphaerica</i> ).....              | 14 |
| Figura 2: Pulpa y semilla del timbiriche .....                           | 14 |
| Figura 3: Estolones del timbiriche .....                                 | 16 |
| Figura 4: Localización Geográfica de <i>Bromelia hemisphaerica</i> ..... | 17 |
| Figura 5: Proceso de transferencia en la deshidratación osmótica. ....   | 21 |
| Figura 6: Funcionamiento del secado solar indirecto . ....               | 23 |
| Figura 7: Principales clases de polifenoles en los alimentos .....       | 24 |
| Figura 8: Metodología general .....                                      | 41 |
| Figura 9: Localización geográfica de Ziracuaretiro Michoacán. ....       | 42 |
| Figura 10: Determinación de tamaño con vernier. ....                     | 43 |
| Figura 11: Determinación de peso. ....                                   | 43 |
| Figura 12: Determinación de color .....                                  | 43 |
| Figura 13: Determinación de textura .....                                | 44 |
| Figura 14: semilla retirada de la pulpa.....                             | 44 |
| Figura 15: deshidratacion osmótica .....                                 | 44 |
| Figura 16: adicion de chile en polvo.....                                | 45 |
| Figura 17: Deshidratado solar .....                                      | 45 |
| Figura 18: Análisis sensorial .....                                      | 49 |
| Figura 19: Diagrama CIELAB .....   | 59 |
| Figura 20: Fruto timbiriche .....  | 59 |
| Figura 21: Botana deshidratada con chile.....                            | 62 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Timbiriche.....                                  | 16 |
| Tabla 2: Caracterización morfológica del fruto del timbiriche .....                   | 58 |
| Tabla 3: Resultados de color .....  | 59 |
| Tabla 4: Resultados de resistencia a la compresión.....                               | 60 |
| Tabla 5: Resultados del análisis proximal fruto timbiriche y botanas elaboradas ..... | 61 |
| Tabla 6. Resultados del análisis sensorial de la botana.....                          | 63 |
| Tabla 7: Resultados de Polifenoles .....  | 64 |
| Tabla 8: Actividad antioxidante botana con chile.....                                 | 65 |
| Tabla 9: Actividad antioxidante timbiriche fresco.....                                | 66 |
| Tabla 10: Porcentaje de inhibición timbiriche fresco.....                             | 67 |
| Tabla 11: Porcentaje de inhibición botana con chile.....                              | 68 |
| Tabla 12: Resultados de Vitamina C .....  | 69 |
| Tabla 13: Resultados para Fibra dietética.....  | 69 |
| Tabla 14: Resultados minerales botana con chile .....                                 | 70 |
| Tabla 15: Dias vs % humedad botana natural .....                                      | 71 |
| Tabla 16: Temperatura vs tiempo crítico botana natural.....                           | 71 |
| Tabla 17: Dias vs humedad botana con chile .....                                      | 72 |
| Tabla 18: Temperatura vs tiempo crítico botana con chile .....                        | 72 |
| Tabla 19: Resultados del análisis microbiológico.....                                 | 73 |

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

|   |    |
|---|----|
| Gráfica 1: Resultados de Polifenoles .....                    | 64 |
| Gráfica 2: Capacidad antioxidante botana con chile .....      | 66 |
| Gráfica 3: Capacidad antioxidante del timbiriche fresco ..... | 66 |
| Gráfica 4: Porcentaje de inhibición del fruto fresco .....    | 68 |
| Gráfica 5: Porcentaje de inhibición botana con chile .....    | 68 |
| Gráfica 6: Tiempo del atributo crítico botana con chile ..... | 71 |
| Gráfica 7: Tiempo del atributo crítico botana natural .....   | 72 |

## RESUMEN

En esta investigación se caracterizó y evaluó el fruto timbiriche (*Bromelia hemisphaerica*) que tiene antecedentes de ser buena fuente de ácido ascórbico y minerales como calcio, potasio y magnesio, para posteriormente elaborar una botana deshidratada, ya que este fruto no es muy conocido por las nuevas generaciones y poco a poco se ha ido perdiendo su consumo. Este fruto fue obtenido del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán. Se realizó la caracterización morfológica y proximal del fruto de acuerdo a la metodología del (AOAC 2000) obteniendo los siguientes resultados: humedad: 85.78%, proteína: 5.53% ceniza: 4.70%, lípidos: 0.86%, fibra cruda: 2.03% y carbohidratos: 1.06%. Se elaboraron dos tipos de botana deshidratada una natural y otra adicionando chile en polvo donde los resultados del análisis proximal fueron de la botana natural; humedad: 9.42%, proteína: 19.65% ceniza: 1.08%, lípidos: 0.67%, fibra cruda: 1.39% y carbohidratos: 67.36% y para la botana con chile; humedad: 10.40%, proteína: 19.77% ceniza: 4.24%, lípidos: 0.71%, fibra cruda: 1.16% y carbohidratos: 63.70%. El análisis sensorial entre las botanas dio resultados más favorables en la botana adicionada con chile en polvo. La vida de anaquel acelerada nos dio como resultado para la botana deshidratada natural 328.09 días y en la botana con chile 363.91 días. El análisis microbiológico reveló que la botana con chile presenta menos de 10 UFC/g en el recuento de coliformes totales, mohos y levaduras, así como la ausencia total de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* comprobando que es totalmente inocua. De acuerdo a estos resultados la elaboración de la botana es una buena alternativa de consumir el timbiriche, ya que así se promovería el uso de este fruto aprovechando todos los nutrimentos que brinda.

**Palabras clave:** *Bromelia hemisphaerica*, timbiriche, botana, deshidratación osmótica.

## ABSTRACT

In this investigation, the timbiriche fruit (*Bromelia hemisphaerica*) was characterized and evaluated, which has a history of being a good source of ascorbic acid and minerals such as calcium, potassium and magnesium, to subsequently prepare a dehydrated snack, since this fruit is not well known by new generations and little by little it has been losing its consumption. This fruit was obtained from the municipality of Ziracuaretiro, Michoacán. The morphological and proximal characterization of the fruit was carried out according to the methodology of the (AOAC 2000) obtaining the following results: humidity: 85.78%, protein: 5.53% ash: 4.70%, lipids: 0.86%, crude fiber: 2.03% and carbohydrates: 1.06 %. Two types of dehydrated snack were made, one natural and the other adding powdered chili where the results of the proximal analysis were from the natural snack; humidity: 9.42%, protein: 19.65% ash: 1.08%, lipids: 0.67%, crude fiber: 1.39% and carbohydrates: 67.36% and for the snack with chili; humidity: 10.40%, protein: 19.77% ash: 4.24%, lipids: 0.71%, crude fiber: 1.16% and carbohydrates: 63.70%. The sensory analysis among the snacks gave more favorable results in the snack added with chili powder. The accelerated shelf life gave us a result for the natural dehydrated snack 328.09 days and in the snack with chili 363.91 days. The microbiological analysis revealed that the snack with chili has less than 10 CFU / g in the total coliform, mold and yeast count, as well as the total absence of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae* and *Vibrio parahaemolyticus* checking that it is completely harmless. According to these results, the preparation of the snack is a good way to consume the timbiriche, since this would promote the use of this fruit taking advantage of all the nutrients it provides.

**Key words:** *hemisphaeric bromeliad*, timbiriche, snack, osmotic dehydration.

# 1. INTRODUCCION

En México, las Bromeliáceas están representadas por cuatro subfamilias: Bromelioideae, Hechtioideae, Pitcairnioideae y Tillandsioideae, 19 géneros y cerca de 400 especies (Espejo-Serna, 2012). Se desconoce exactamente su antigüedad. Las especies más antiguas desde el punto de vista evolutivo pertenecen a la subfamilia de las Pitcairnioideae, y las más jóvenes están comprendidas en la subfamilia de las Bromelioideas de donde pertenece *Bromelia hemisphaerica* (timbiriche) de lo que sabemos su producción es muy limitada, ya que es una planta que crece de manera silvestre, no hay campesinos que se dediquen a su cultivo, simplemente de las que nacen solas en cerros, calles, o casas, es de donde cortan los frutos que se venden en los mercados, la mayoría de la población desconoce su existencia, porque su comercio es muy limitado, aunado a esto se tiene muy poco conocimiento sobre sus propiedades y la forma en que puede ser usada, ya que este fruto es muy astringente y escalda mucho el paladar al comerlo en fresco, el principal de los objetivos de esta investigación es dar a conocer una nueva forma de consumirlo para que la población pueda aprovechar los nutrientes que aporta y así se extienda su cultivo generando un beneficio económico y un beneficio a la naturaleza ya que esta planta sirve a los suelos ya que ayuda a evitar su erosión. El fruto se obtuvo del municipio de Ziracuaretiro, Michoacán. Primero se realizó la evaluación con una caracterización morfológica para ver si el fruto era rentable en cuanto al uso de la pulpa para elaborar la botana, se realizó el análisis químico proximal para ver los nutrientes que aporta y se elaboraron dos tipos de botana, una con solo la pulpa y otra con chile en polvo, ya que hay antecedentes de que en fresco lo consumen poniéndole ese tipo de chile. Se realizó el análisis de vida de anaquel ya que este fruto es de temporada y es importante que se pueda tener para consumo durante todo el año, lo cual nos dio resultados positivos y en el análisis microbiológico se comprobó la inocuidad de la botana con ausencia de bacterias patógenas.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 FRUTO TIMBIRICHE (*Bromelia hemisphaerica*)

*Bromelia hemisphaerica* es una planta herbácea perenne que crece de manera silvestre en las regiones tropicales y subtropicales de México. La planta en su edad adulta tiene una altura de 1-1.2 m y se inscribe en el volumen de una peonza de 1.1-1.3 m de diámetro. Los frutos (60-80) se agrupan en un racimo sostenido por un tallo que surge del centro de la planta, como se muestra en la (Figura 1). La cáscara antes de su maduración tiene un color verde pálido y con el tiempo adquiere un color rosado (Arellano, 2002).



Figura 1 : Frutos de *Bromelia hemisphaerica* (García, 2018).

El nombre común de la planta (Timbirichi o Timbiriche) proviene del vocablo purépecha *tumbirish úkata* que significa “racimo de frutos” (Cortés et al, 2008). Es una fruta a la que también se le conoce como plátano piña o piñuela. Su pulpa es blanca cremosa, con semillas negras (Figura 2).



Figura 2: Pulpa y semilla del timbiriche (Rodríguez, 2018).

## 2.2 ANTECEDENTES

Algunos frutos de *Bromelia* se caracterizan por ser una buena fuente de ácido ascórbico y minerales como calcio, potasio y magnesio (Abreu et al, 2001). También son conocidos en la medicina tradicional por su utilidad en el tratamiento del escorbuto y en padecimientos como la teniasis y la ascariasis (antihelmíntico) (Chan et al, 2013) así como han sido estudiados por tener un efecto citotóxico y antiinflamatorio (Errasti et al, 2013).

En la industria *Bromelia hemisphaerica* tiene gran importancia, ya que el jugo de este fruto contiene una proteasa cisteínica (hemisfericina), aunque hasta hoy no tiene una clasificación numérica de la EC (Enzyme Commission Numbers, por sus siglas en inglés) se conocen algunas características de proteasas extraídas y este tipo de enzimas representan el 60% de todas las enzimas comercializadas en el mundo, ya que puede tener diversos usos como los siguientes : detergentes biológicos, industria panificadora, industria cervecera, industria láctea, industria fotográfica, industria de los alimentos, remoción de desechos, producción de quitooligosacaridos, alimentos marinos, industria cosmética, industria farmacéutica y médica, textil, industria del cuero, forraje y la industria química (Gronzka et al, 2007).

Sin embargo las aplicaciones más recientes de estas proteasas son en la obtención de péptidos bioactivos, los cuales se caracterizan por ejercer un importante papel en la regulación y la modulación metabólica en los seres humanos (Bruno et al, 2010; Pardo et al, 2001; Prospitti et al, 2015).

## 2.3 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Tabla 1 Clasificación Taxonómica del Timbiriche

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| Reino                                   | <i>Plantae</i>                |
| Clase                                   | Liliopsida                    |
| Subclase                                | Monocotiledónea               |
| Orden                                   | Poales                        |
| Familia                                 | Bromeliaceae                  |
| Subfamilia                              | Bromelioideae                 |
| Nombre científico<br>(género y especie) | <i>Bromelia hemisphaerica</i> |
| Nombre común                            | Timbirichi, Timbiriche.       |

## 2.4 FORMA DE REPRODUCCIÓN

La planta tiene un ciclo productivo anual. La reproducción es de tipo vegetativo, por medio de hijuelos o estolones como se muestra en la (Figura 3). Se desarrollan poco antes o después de la floración y es un anuncio de la muerte de la planta madre. Hay que procurar no eliminar prematuramente a la planta madre después de la floración, hasta que los hijos alcancen el tamaño adecuado, que sería un tercio del tamaño de la planta madre. Sin embargo, nunca es demasiado tarde para separar los hijos; incluso hay cultivadores que nunca los separan, con el argumento de que estos crecen más rápido unidos a la madre. Las floraciones de color rosado en forma natural se inician con la temporada de lluvias y el fruto llega a su desarrollo completo en 4-5 meses (Briones et al, 2000).



Figura 3: Estolones del timbiriche

## 2.5 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA

Como se mencionó antes, en México, las Bromeliáceas están representadas por cuatro subfamilias: Bromelioideae, Hechtioideae, Pitcairnioideae y Tillandsioideae, 19 géneros y cerca de 400 especies (Espejo-Serna, 2012).

De la subfamilia bromeliaideae, para *Bromelia hemisphaerica* su hábitat natural se encuentra circunscrito a la región que comprende la depresión del Balsas, incluyendo los estados de Morelos y Guerrero, y parte de los estados de México y Michoacán, (Figura 4). Destacando que es endémica de México.



Figura 4: Localización Geográfica de *Bromelia hemisphaerica*

## 2.6 USOS

Desde la antigüedad el fruto timbiriche hervido o en infusiones se ha utilizado para el tratamiento de la tos y otros trastornos del tracto respiratorio como bronquitis y asma (Argueta, 1994), escorbuto (Chan et al, 2013) diabetes y trastornos del sistema urinario. El jugo de los

frutos ha sido utilizado como bebida refrescante, así como agente antihelmíntico (Abreu et al, 2001; Ornung, 2011).

Otro dato importante es que el timbiriche contiene enzimas proteolíticas que han demostrado tener aplicaciones en la industria alimentaria. Se ha caracterizado la proteasa hemisfericina, con punto isoeléctrico a un intervalo de 3.5 a 9.0, con formas aniónicas, catiónicas y neutras (León et al, 2007). Esto representa una alternativa atractiva al empleo de la papaína o la bromelina en la industria alimentaria, debido a que se ha demostrado que puede tener estabilidad a temperaturas elevadas y actúa en un mayor rango de pH (Montes et al, 2008).

## **2.7 BOTANA DESHIDRATADA O SNACK NUTRITIVO**

El término snack se traduce a veces como “tentempié” o “refrigerio”, pero en los países latinoamericanos se adoptan modismos muy variables: “botana” en México; “picada” en Argentina; “pasabocas” en Colombia.

No hay una definición universalmente aceptada sobre el snack, pese a que su consumo es un hábito muy extendido, y tampoco existen recomendaciones alimenticias con sustento científico respecto de su práctica (Johnson y Harvey, 2010).

Se ha utilizado una variedad de enfoques en la literatura especializada sobre el tema para definir o clasificar un snack, en los que se incluyen la descripción del nutriente que contiene, la hora del día y la frecuencia en que se ingiere, así como la propia opinión del consumidor sobre lo que es o no un snack.

De acuerdo a (Johnson *et al* 2010), el término proviene del inglés y consiste en un alimento sólido ligero consumido entre comidas, ya sea con la mano o con un utensilio, acompañado de bebidas o sin ellas, que además de que no es sustituto de una comida. Por otra parte, un snack proporciona mucho menos calorías que las contenidas en un almuerzo o en una cena.

No son considerados como alimentos principales y se consumen para satisfacer el hambre temporal o por placer. Existen diferentes tipos de snacks o botanas, sin embargo, las relacionadas a frutas y vegetales generalmente se consumen en forma deshidratada. Es por

ello que se debe buscar tecnologías que preserven tanto los atributos de calidad como los nutrientes y compuestos bioactivos contenidos en el producto a deshidratar (Devahastin y Niamnuy 2010).

### **2.7.1 La obesidad y el impacto de los snacks nutritivos con base en frutas deshidratadas**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 2018) alertó sobre la necesidad de cambiar los hábitos alimenticios en México, donde el 73% de la población adulta padece sobrepeso u obesidad.

Según datos de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, en 2016 el 73% de la población adulta padecía sobrepeso u obesidad: 7 de cada 10 adultos, 4 de cada 10 jóvenes y 1 de cada 3 niños

¿Qué causa el sobrepeso y la obesidad?

La causa fundamental del sobrepeso y la obesidad es un desequilibrio energético entre calorías consumidas y gastadas. A nivel mundial ha ocurrido lo siguiente:

- un aumento en la ingesta de alimentos de alto contenido calórico que son ricos en grasa
- un descenso en la actividad física debido a la naturaleza cada vez más sedentaria de muchas formas de trabajo, los nuevos modos de transporte y la creciente urbanización.

A menudo los cambios en los hábitos alimentarios y de actividad física son consecuencia de cambios ambientales y sociales asociados al desarrollo y de la falta de políticas de apoyo en sectores como la salud; la agricultura; el transporte; la planificación urbana; el medio ambiente; el procesamiento, distribución y comercialización de alimentos, y la educación.

Entre las principales características que convierten a la fruta seca o deshidratada en una excelente opción como snack, es que en su proceso de preparación (deshidratarlas) se concentran sus glúcidos, fibras, proteínas y sales minerales, con el agregado de que son buena fuente de calcio, sodio, potasio, fósforo, hierro y magnesio. También son ricas en vitaminas

A y C. Entre las ventajas de las frutas deshidratadas como snack cabe mencionar las siguientes (Salud Alternativa, 2015).

- Cuentan con la mitad del volumen y pesan diez veces menos que la fruta original, por lo que es más fácil transportarla y almacenarla.
- Es también un excelente complemento nutricional mezclado con leche, batidos, miel o mermeladas.
- Se ofrece una gran variedad durante todo el año, sin necesidad de refrigerarla y mantiene por varios meses todo su valor nutritivo.
- No tienen grasas nocivas ni colesterol.

## **2.8 METODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS:**

### **DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA Y DESHIDRATACIÓN SOLAR**

Actualmente la agroindustria emplea diferentes tipos de procesos de conservación, y entre los más utilizados se encuentran los procesos de deshidratación que resultan ser una técnica efectiva para lograr productos estables con características sensoriales y nutritivas, posibilitando la obtención de un producto para el consumo con cierto parecido al mismo en estado fresco y productos mínimamente procesados (García et al, 2013).

En el caso específico de las frutas, los métodos de conservación más recomendados son: el Método de Deshidratación Osmótica (DO) y el Método de Deshidratación por Flujo de Aire Caliente (DAC).

#### **2.8.1 Deshidratación osmótica**

La DO se utiliza ampliamente para eliminar parcialmente el agua de los tejidos vegetales y la obtención de un aumento significativo de su tiempo de vida útil, mediante inmersión en una solución hipertónica (Acevedo et al, 2014).

La característica principal de un proceso de DO es la pérdida de agua esto consiste en sumergir trozos en una solución hipertónica (solución osmótica) compuesta por solutos capaces de generar una presión osmótica alta, con una doble transferencia de masa, agua de la fruta a la solución y solutos de la solución a la fruta como podemos observar en la Figura 5 (Ahmed et al, 2016).

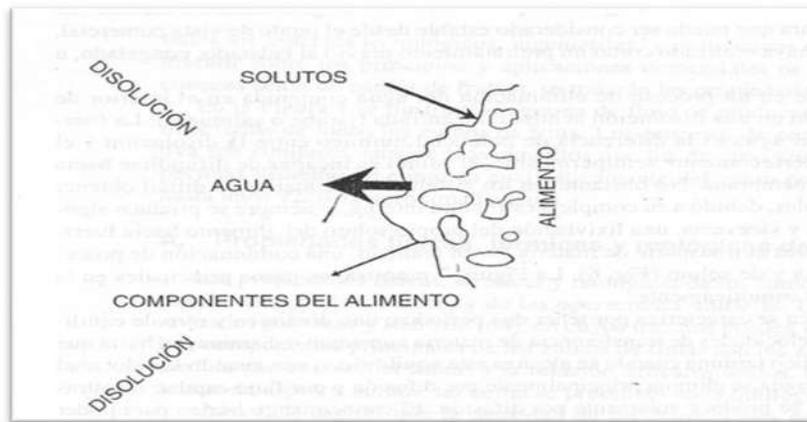


Figura 5: Proceso de transferencia en la deshidratación osmótica.

La membrana celular del fruto actúa como membrana semipermeable, el contenido intracelular como solución hipotónica, y como solución hipertónica se utiliza una preparada con altas concentraciones de soluto en función del producto a tratar. En general se emplea sacarosa para frutas y cloruro de sodio para carnes y vegetales.

Los factores que afectan la velocidad de deshidratación son: temperatura, concentración y agitación de la solución osmótica, presión de operación, tipo y propiedades del soluto, forma y tamaño del producto, relación masa de solución/masa de producto.

En general, los alimentos osmóticamente deshidratados (humedad final 20-30%) (Parzanese, 2018) no son estables a temperatura ambiente y para lograr esa condición deben ser posteriormente deshidratados mediante liofilización o secado por convección, secado solar, por microondas, bajo vacío, etc.

Las ventajas de la DO son varias:

- Efecto mínimo sobre el color, aroma, sabor y textura.
- Aumento de la vida útil de los alimentos.
- No se producen cambios de fase del agua contenida en el alimento durante el proceso.
- Permite disminuir el peso del producto, reduciendo costos de envasado y transporte.
- En la DO de frutas la solución osmótica puede reutilizarse o servir como materia prima en la producción de jugos de frutas o de otras formulaciones.
- El consumo de energía es bajo porque la aplicación se realiza a temperatura próxima a la del ambiente.
- Permite el procesamiento de pequeños volúmenes de producto.

### **2.8.2 Deshidratado solar**

El procedimiento para llevar a cabo el secado o deshidratado debe seguir una determinada secuencia. Primeramente, la fruta u hortaliza debe ser dispuesta en bandejas con fondo de malla de modo que no se toquen o superpongan. La fruta debe ser cargada en las bandejas tan pronto como se prepara, para evitar que las piezas se peguen entre sí. Se debe evitar la luz solar directa ya que blanquea el color y reduce el nivel de vitaminas A y C. La temperatura de secado debe ser controlada para evitar el sobrecalentamiento y el deterioro (Espinoza, 2016).

Si la temperatura de secado es muy alta, especialmente al inicio del secado, el exterior de la fruta u hortaliza se seca muy rápido y se endurecerá; esta capa dura y seca evitará la pérdida de humedad, por lo que el centro podría deteriorarse durante el almacenado. La mayoría de los frutos se secan a 60-70 °C. Las frutas se secan hasta que tengan el contenido de humedad final deseado (15% convencionalmente).

### 2.8.3 Deshidratado solar indirecto

En el secado indirecto no se exponen los alimentos directamente a la radiación solar, para disminuir la decoloración y el agrietamiento en la superficie de estos. Los secadores solares indirectos poseen una unidad colectora solar donde ingresa el aire y una cámara de secado separada donde se almacenan los productos a secar. En el secado solar indirecto el calor necesario para la evaporación se transfiere de forma convectiva desde el aire caliente hacia el material húmedo. Con el secado indirecto se alcanza un mayor control de las condiciones de secado, por lo que se obtiene un producto de mejor calidad. La Figura 6 muestra el principio de funcionamiento del secado indirecto.

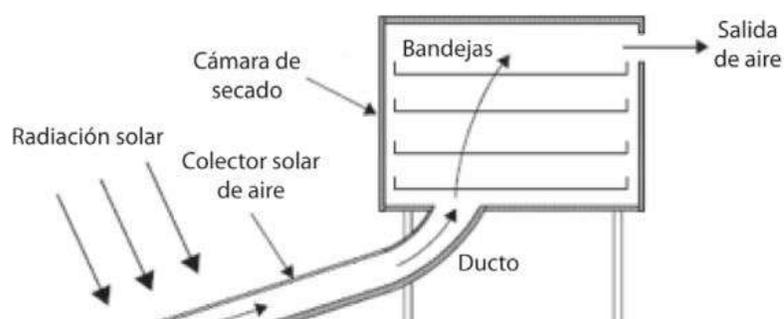


Figura 6:

Funcionamiento del secado solar indirecto (García et al, 2012).

#### Ventajas

- Ofrece un mejor control sobre el secado, por lo que el producto obtenido es de mejor calidad que el obtenido mediante secado al sol.
- La caramelización y daño por calor localizado no ocurren como los productos que están protegidos contra la radiación directa.
- Se puede operar a mayor temperatura.
- Muy recomendable para los cultivos fotosensibles.
- Tienen una mayor eficiencia que el secado solar directo.
- La selección del tipo de secador solar debe adaptarse al manejo del producto tanto húmedo como seco, acomodando el proceso de secado al producto con las

características deseadas. El secador debe ser evaluado según sus costos y rendimientos.

## 2.9 POLIFENOLES

Los polifenoles o compuestos fenólicos son moléculas naturales derivadas del metabolismo secundario de las plantas que derivan de las vías de shiquimato y de los fenilpropanoides (Munin y Lévy, 2011).

La característica general de los polifenoles, es que tienen anillos aromáticos con grados de hidroxilación variable y la mayoría se encuentran en forma conjugada con uno o más restos de azúcares unidos a grupos hidroxilo o directamente al anillo aromático, incluso pueden encontrarse asociados a otros compuestos (Yogendra et al, 2013).

Se han descrito más de 8000 polifenoles distintos que pueden clasificarse en diferentes grupos en función del número de anillos fenólicos que contienen y el tipo de sustituyente unido a estos anillos. Las principales clases de polifenoles (Figura 7) por ser los más ampliamente distribuidos en los alimentos son: flavonoides, ácidos y alcoholes fenólicos, estilbenos y lignanos (Manach et al, 2004).

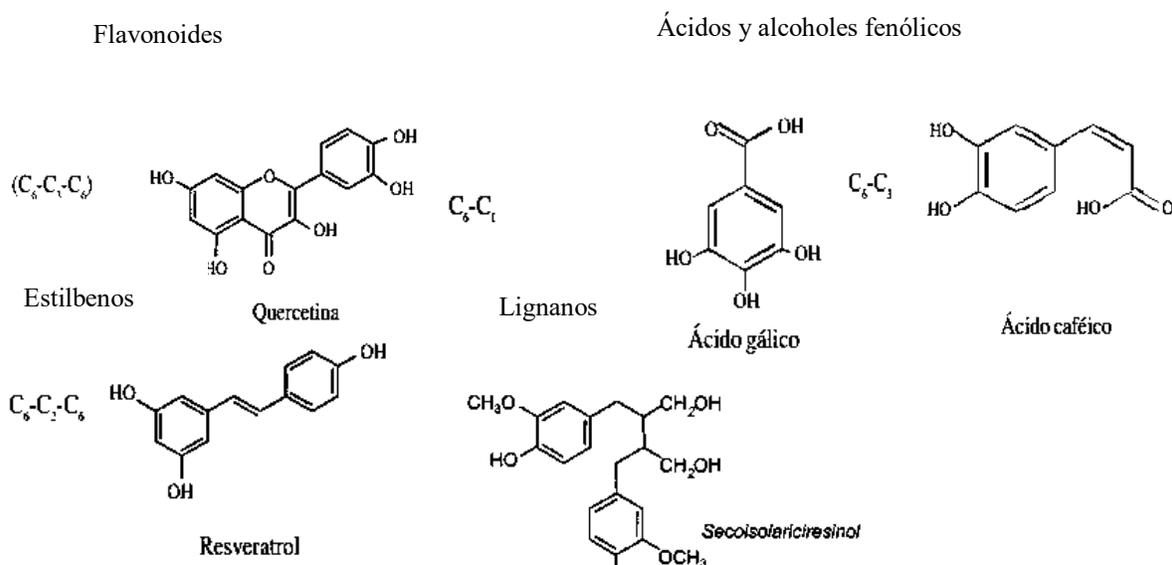


Figura 7: Principales clases de polifenoles en los alimentos

Los flavonoides, que comparten una estructura común que consiste en 2 anillos aromáticos (A y B) que están unidos por 3 átomos de carbono que forman un heterociclo oxigenado (anillo C), se dividen en 6 subclases en función del tipo de heterociclo involucrados: flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavanonas, antocianidinas y flavanoles (catequinas y proantocianidinas).

El grado de solubilidad es otro factor tomado en cuenta para su clasificación. Los compuestos solubles en agua son los ácidos fenólicos, fenilpropenos, flavonoides y quinonas. Por otro lado, se encuentran los compuestos insolubles en agua, tales como los taninos condensados, ligninas y ácidos hidroxicinámicos, los cuales están unidos a la pared celular de las células vegetales (Haminiuk et al, 2012).

Estos compuestos se encuentran ampliamente distribuidos en alimentos de origen vegetal, como frutas, verduras, cereales, legumbres y bebidas como el vino tinto y el té verde. Los polifenoles proporcionan colores intensos a los vegetales; en especial, rojo, azul, violeta, amarillo y naranja. Pero además son responsables de otorgar protección ante amenazas ambientales a través de sus propiedades antimicrobianas, de protección solar y antioxidantes (Lizárraga y Hernández, 2018). Esta última propiedad es considerada como una de las más importantes, pues previene del daño oxidativo que pueden ocasionar los radicales libres producidos durante la fotosíntesis.

La propiedad antioxidante de los polifenoles se atribuye principalmente a su capacidad para reducir el estrés oxidativo mediante la neutralización de especies reactivas al oxígeno (ROS, por sus siglas en inglés, reactive oxygen species) y especies reactivas al nitrógeno (RNS, reactive nitrogen species); así como también a su capacidad para activar el factor de transcripción Nfr2 que promueve la acción de algunos elementos de respuesta antioxidante, entre los que se incluyen las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT) y glutatión peroxidasa (GPx) (Zhang y Tsao, 2016).

De acuerdo con su estructura química, los polifenoles son reconocidos por sus propiedades inmunoestimulantes, antimicrobianas y prebióticas, que favorecen la salud del hospedero mediante la formación de metabolitos bioactivos y cambios en la flora intestinal y el colon a través de la modulación del crecimiento de bacterias benéficas, como lactobacilos y

bifidobacterias, y la inhibición de bacterias patógenas, como *Escherichia coli* (Cardona et, 2013).

## **2.10 RADICALES LIBRES Y ANTIOXIDANTES**

Desde el punto de vista químico, los radicales libres son todas aquellas especies químicas, cargadas o no, que en su estructura atómica presentan un electrón desapareado o impar en el orbital externo que les da una configuración espacial generadora gran inestabilidad, señalado por el punto situado a la derecha del símbolo. Poseen una estructura birradicálica, son muy reactivos, tienen una vida media corta, por lo que actúan cercano al sitio en que se forman y son difíciles de dosificar (Cheesman y Slater, 2004).

Desde el punto de vista molecular son pequeñas moléculas ubicuitarias y difusibles que se producen por diferentes mecanismos entre los que se encuentran la cadena respiratoria mitocondrial, la cadena de transporte de electrones a nivel microsomal y en los cloroplastos, y las reacciones de oxidación, por lo que producen daño celular (oxidativo) al interactuar con las principales biomoléculas del organismo (Venereo, 2002)

Existe un término que incluye a los radicales libres y a otras especies no radicálicas, pero que pueden participar en reacciones que llevan a la elevación de los agentes prooxidantes y son las especies reactivas del oxígeno (ROS) (Venereo, 2002) producto del metabolismo celular y fuentes exógenas (rayos X, humo de tabaco, contaminación ambiental); tienen una participación dual en la célula, ya que pueden adoptar un papel benéfico o perjudicial en los sistemas vivos.

Los efectos benéficos de las ROS se presentan a bajas concentraciones, participando en diferentes funciones fisiológicas de la célula; como defensa contra agentes infecciosos y sistemas de señalización celular (mitosis).

En contraparte, el efecto dañino de los radicales libres en los sistemas biológicos produce estrés oxidativo (EO) generado por la deficiencia de antioxidantes e incremento de las ROS. El EO es el resultado de reacciones metabólicas que utilizan  $O_2$  y representa una alteración en el equilibrio pro oxidante/antioxidante en los sistemas vivos con capacidad de oxidar biomoléculas (lípidos, proteínas, ADN) e inhibir su estructura y función normal.

Es importante resaltar que el equilibrio entre los efectos benéficos y perjudiciales de los radicales libres es un aspecto muy importante para los organismos vivos, el cual se logra mediante mecanismos de “regulación redox” que protegen a los organismos vivos del EO, manteniendo el control del estado redox a través de los antioxidantes (AOX) y atrapadores de radicales libres (Droge, 2002).

### **2.10.1 Sistema Antioxidante Celular**

Para contrarrestar el efecto nocivo de los radicales libres, los organismos aerobios cuentan con sistemas de defensa antioxidante, que incluyen moléculas, enzimas y secuestradores químicos que previenen el daño oxidativo.

Las enzimas AOX constituyen la primera línea de defensa celular frente al daño oxidativo, las cuales eliminan el  $O_2^{\cdot-}$  y el  $H_2O_2$ . Aunado a éstas, existe una segunda línea de defensa compuesta por moléculas no enzimáticas que actúan sobre los radicales libres.

Los antioxidantes se pueden agrupar según su naturaleza química y su modo de acción:

Enzimas. Actúan específicamente sobre las ROS, degradándolas a moléculas menos nocivas mediante mecanismos bioquímicos específicos. El proceso inicia con la dismutación del  $O_2^{\cdot-}$  a  $H_2O_2$  por acción de la enzima superóxido dismutasa (SOD); posteriormente, la catalasa (CAT) y el glutatión peroxidasa (GPx) actúan convirtiendo el  $H_2O_2$  en  $H_2O$ . La actividad de estas enzimas debe estar en equilibrio para mantener el equilibrio REDOX intracelular.

-Antioxidantes preventivos. Moléculas encargadas de secuestrar a los iniciadores del proceso oxidativo, tales como Fe y Cu, los cuales aceleran la formación de ROS. Ejemplo de esto son las glicoproteínas que se unen al Fe transportándolo en el torrente sanguíneo por medio de la transferrina y lactoferrina, para ser almacenado intracelularmente por la ferritina. Aunado a esto, la ceruloplasmina atrapa a los iones de  $Cu^+$  impidiendo la formación de radicales libres a partir de peróxidos. En el plasma el  $Cu^+$  no unido a la ceruloplasmina está ligado a la albúmina, aunque ésta no previene su interacción con  $H_2O_2$  para formar el radical hidroxilo.

-Antioxidantes secuestradores de ROS. Inhiben la cadena de reacción y propagación en la formación de radicales libres. El ácido úrico es un producto del metabolismo de las purinas,

capaz de atrapar radicales peróxidos, alcóxido, ROS e iones de  $\text{Cu}^+$  y  $\text{Fe}^+$ . La bilirrubina es un producto secundario del metabolismo del grupo hemo (grupo prostético con  $\text{Fe}^+$ , capaz de unir átomos de  $\text{O}_2$ ), con actividad antioxidante que inhibe la peroxidación lipídica en los sistemas celulares.

-Antioxidantes nutricionales. Para proteger a la célula en contra de los efectos de la oxidación, los sistemas de defensa antioxidante deben actuar en conjunto para formar un sistema íntegro en donde la dieta es la mayor fuente de antioxidantes y micro elementos para la síntesis de enzimas antioxidantes. En este sentido, varios metales (Cu, Zn, Se, Mn y Fe) participan como componentes o cofactores de enzimas AOX; al igual que las vitaminas, ácido ascórbico,  $\alpha$ -tocoferol,  $\beta$ -caroteno y ácido fólico, las cuales actúan como atrapadores de los ROS.

## **2.11 MINERALES**

El organismo humano precisa del aporte de una serie de elementos químicos presentes en los alimentos que van a ser nutrientes esenciales, ya que serán absorbidos y utilizados por distintos órganos y sistemas para realizar diferentes funciones, estos elementos representan aproximadamente el 4% del peso total del cuerpo humano.

Una dieta balanceada aporta todos los nutrimentos inorgánicos suficientes para satisfacer las necesidades, aunque el hecho de consumirlos en la dieta no representa que se absorban y se aprovechen en el organismo humano, ya que su biodisponibilidad es muy distinta entre ellos; el sodio, potasio y cloro forman compuestos sencillos que existen en disolución, por lo que forman iones libres fácilmente absorbibles, mientras que el calcio, hierro, fósforo y magnesio, que integran compuestos insolubles, son más difíciles de asimilar.

Los principales minerales en el cuerpo humano son: calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre, magnesio, manganeso, hierro, yodo, flúor, zinc, cobalto y selenio.

### **2.11.1 Calcio**

Es el elemento químico más abundante en el ser humano y llega a representar hasta el 2% del peso corporal, equivalente a 1,000-1,500 g en un adulto.

Aproximadamente, el 99% de este elemento se encuentra distribuido en las estructuras óseas y el resto, 1%, en los fluidos celulares y en el interior de los tejidos. A pesar de que esta segunda fracción es muy pequeña, interviene en un gran número de transformaciones y mecanismos, como son la coagulación de la sangre, la contracción muscular, la activación enzimática y la transmisión de impulsos nerviosos. Se recomienda una ingesta de calcio en niños y adolescentes de 14 a 18 años de edad 1,300 mg, hombres adultos de 19 a 70 años de edad 1,000 mg, Mujeres adultas de 51 a 70 años de edad 1,200 mg, adultos de 71 o más años de edad 1,200 mg. (National Institutes of Health, 2019)

### **2.11.2 Magnesio**

El magnesio cumple varias funciones intracelulares. Estabiliza los enzimas en muchas reacciones que generan ATP, antagoniza el calcio en la contracción muscular, modula la señal de transducción y proliferación celular de la insulina y es importante para la adhesión celular y el transporte de membrana. Los seres humanos tienen que consumir magnesio de forma regular para prevenir su deficiencia. Se recomienda 310-316 mg y 400-420 mg para mujeres y hombres adultos, respectivamente (National Institutes of Health, 2016).

## **2.12 FIBRA**

Aunque no existe una definición universal, es un grupo muy amplio de polisacáridos, de los considerados estructurales, que no son aprovechados metabólicamente por los organismos monogástricos, incluyendo al hombre, pero que cumplen una función muy importante en el bienestar del individuo (Badui, 2006).

La fibra está constituida por los componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales, entre los que destacan la celulosa, la hemicelulosa y las pectinas, también se incluye entre estos compuestos la lignina que, aun cuando no es un glúcido, sino más bien una cadena de compuestos fenólicos siempre se encuentra asociada a ellos y es un compuesto no digerible por el tracto digestivo del humano.

Es necesario hacer una clara distinción entre la fibra cruda y la fibra dietética. La primera es la que se consigna generalmente en las tablas de composición de los alimentos, y se determina analíticamente sometiendo los productos a un tratamiento en caliente con ácido sulfúrico y luego con hidróxido de sodio; en estas condiciones se pierde una fracción importante de polisacáridos que sí se incluye en la fibra dietética ya que dado el tratamiento tan fuerte a que se someten los alimentos, se disuelven muchos componentes de la fibra; es decir, la fibra cruda normalmente es menor que la dietética, ya que esta última representa el contenido total de los polímeros antes indicados. El procedimiento de determinación de la fibra cruda provoca la pérdida de 70 a 80% de la hemicelulosa, de 30 a 50% de la celulosa, y hasta 90% de la lignina; algunos autores consideran que la subestimación de la fibra dietética cuando se determina fibra cruda es hasta de seis veces (Badui, 2006).

### **2.12.1 Fibra dietética**

La American Association of Cereal Chemist (2001) define a la fibra dietética como “la parte comestible de las plantas o glúcidos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado, con fermentación completa o parcial en el intestino grueso” (Escudero y Gonzáles, 2006). En la fibra se incluye la identificación de polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas y contenidas en las plantas, además “las fibras dietéticas promueven efectos beneficiosos fisiológicos como el laxante y la disminución de los niveles de colesterol y glucosa en la sangre” (Escudero et al 2006).

Se conoce como fibra dietética (FD) a los componentes endógenos de las plantas, polisacáridos no almidón y lignina, que son resistentes a la digestión por los enzimas digestivos humanos. La FD se clasifica de una forma simplificada en soluble en agua (viscosa), que es fermentada en el colon por las bacterias (incluye pectinas, gomas,

mucílagos,  $\beta$ -glucanos y algunas hemicelulosas) e insoluble en agua (no viscosa) que sólo es fermentada en una parte limitada del colon (incluye celulosa, ligninas y algunas hemicelulosas).

Los alimentos más ricos en fibra son los cereales enteros, seguidos de las legumbres y los frutos secos. Poseen abundante fibra soluble gran parte de las frutas, las legumbres, la avena y la cebada. Los vegetales y los granos de cereales especialmente el trigo y el maíz son ricos en fibra insoluble; esta fibra tiene la capacidad de retener agua e incrementar el volumen fecal, regulando el movimiento intestinal. Del total de fibra ingerida en la dieta, aproximadamente el 20% es soluble y el 80% insoluble. Ambas son importantes para la salud, pero es la soluble la que más se ha asociado a la disminución de los factores de riesgo cardiovascular, y aunque las necesidades de FD están relacionadas con la edad, el sexo y el aporte energético tanto en niños como en adultos, las recomendaciones actuales están en 14 g/1.000 kcal. Teniendo en cuenta que las necesidades calóricas medias de la mujer adulta son de unas 2.000 kcal/día y las del varón de 2.600 kcal/día, la dosis de FD recomendada sería de 28 g/día para la mujer y de 36 g/día para el varón. Estas dosis están basadas en los niveles de ingesta en los que se ha observado protección contra la enfermedad cardiovascular en estudios clínicos y epidemiológicos un menor riesgo de enfermedad aterosclerótica.

## **2.13 VIDA DE ANAQUEL**

La vida útil de un alimento se define como el tiempo finito después de su producción en condiciones controladas de almacenamiento, en las que tendrá una pérdida de sus propiedades sensoriales y fisicoquímicas, y sufrirá un cambio en su perfil microbiológico (Carrillo y Reyes, 2013).

Factores que influyen en la vida útil de los alimentos

Entre los factores que pueden afectar la duración de la vida útil de un alimento se encuentran el tipo de materia prima, la formulación del producto, el proceso aplicado, las condiciones sanitarias del proceso, envasado, almacenamiento y distribución y las prácticas de los consumidores (Carrillo y Reyes, 2012).

- Materia prima

La naturaleza de las materias primas es uno de los factores que más influencia tiene en la vida útil de un alimento. Dependiendo del macronutriente que predomine, o de la combinación de estos en el alimento, será el tipo de reacciones que se lleven a cabo.

La composición de las materias primas es determinante para las reacciones de deterioro que se llevarán a cabo en el producto. En la materia prima para elaborar un alimento, pueden predominar las proteínas, las grasas o los glúcidos. También pueden tener un alto contenido de humedad, o no ser de buena calidad. Por ejemplo, si las materias primas son ricas en proteínas, muy probablemente podrán desarrollarse bacterias; si tienen un alto contenido de grasas, en el producto final, posiblemente correrá el riesgo de enranciarse, o bien si contiene glúcidos, el alimento elaborado será susceptible al deterioro por hongos y levaduras.

- Formulación del producto

Los ingredientes y aditivos que contenga un producto afectan directamente la caducidad de un alimento. Algunos productos pueden contener un alto contenido de sal, de igual manera, en la formulación de muchos productos se usa un alto contenido de azúcar, lo cual disminuye la actividad de agua y limita el número de reacciones indeseables en el alimento, y el uso de los conservadores, que tradicionalmente se agregan a muchos productos.

- Proceso que se aplica

Los alimentos pueden someterse a procesos de pasteurización, de esterilización, o bien a la tecnología de obstáculos. Esta última, puede poner en riesgo la seguridad y calidad del producto si no se usan los factores de conservación de una manera inteligente.

- Condiciones sanitarias del proceso

Dependiendo de las condiciones sanitarias que se sigan durante el proceso de elaboración de un producto, será el tiempo de vida útil del mismo. Si no se mantiene un adecuado manejo higiénico durante todo el proceso de elaboración, es posible que el producto final contenga una carga microbiana que, de tener condiciones favorables, pueda desarrollarse y descomponer el alimento o aún más, causar infecciones o intoxicaciones a los consumidores.

- Envasado

Un producto envasado asépticamente, tendrá una vida útil mayor que aquel que se envasó y luego se sometió a un tratamiento térmico. Así, los alimentos enlatados tendrán una mayor vida útil que los envasados en recipientes de plástico. El envasado puede favorecer condiciones de anaerobiosis o modificar la atmósfera entre el alimento y el material de empaque, de tal manera que en tales condiciones se pueda prolongar la vida útil del alimento.

- Almacenamiento y distribución

El lugar donde se almacenen los productos terminados, así como el tiempo en que estos se distribuyan puede acortar la vida útil de un alimento, si esto no se realiza en condiciones apropiadas. Debe cuidarse que el transporte de los productos se haga en unidades de transporte con enfriamiento, si el transporte así lo requiere (Carrillo y Reyes, 2012).

### **2.13.1 Aspectos microbiológicos**

Un alimento logra alcanzar su estabilidad microbiológica después de que es expuesto a técnicas de conservación, simples o múltiples, para eliminar, reducir o prevenir el crecimiento microbiano. Entre los grupos de microorganismos que pueden desarrollarse en un alimento se encuentran: bacterias y hongos, los cuales son capaces de multiplicarse en los alimentos y deteriorar el producto; protozoarios y virus, que, aunque no se desarrollan en los alimentos, utilizan a estos como vehículo (Leistner, 2000).

### **2.13.2 Aspectos químicos**

Los componentes que normalmente se ven afectados al deteriorarse los alimentos son: humedad, proteínas, grasa, glúcidos, vitaminas y minerales (Carrillo y Reyes, 2012).

Los efectos negativos que pueden ocurrir a los alimentos pueden ser: pérdida de vitaminas, insolubilidad de materiales en polvo, modificación de las proteínas, grasas y glúcidos, crecimiento microbiano y producción de toxinas. La modificación en alguno de estos efectos se considera el fin de la vida útil de un alimento. Las modificaciones pueden evaluarse mediante pruebas fisicoquímicas, microbiológicas, instrumentales o sensoriales. Para tal fin, la elección de los métodos de prueba es muy importante. Para seleccionar alguna técnica es

necesario conocer la razón del análisis, para cuando se requieren los resultados, con qué equipos se cuenta en el laboratorio, cuál es el costo del análisis, cuál es la composición del alimento a evaluar y cuál es la normatividad con la que el tipo de alimento debe cumplir.

Existen tres métodos de evaluación para determinar la vida útil de un producto. Las pruebas de vida útil a tiempo real, los datos que brindan son buenos, pero en algunas ocasiones se requiere de un tiempo prolongado para la obtención del resultado final (Udomkun et al, 2016). La simulación y la estimación basada en modelos, es una técnica que implica la combinación de expresiones de la sensibilidad del producto, la eficacia del empaque y la severidad del medio ambiente en un modelo matemático.

Las pruebas aceleradas, permiten obtener datos en tiempos relativamente cortos, consisten en incubar el alimento bajo condiciones controladas y a diferentes temperaturas (Sánchez y Pérez, 2016). Estas temperaturas, deben ser mayores a las de almacenamiento y comercialización para que las reacciones de deterioro se aceleren y se obtenga el resultado en un periodo significativamente más cortos (Rodríguez, 2004) que el período de vida útil real del producto.

## **2.14 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO.**

Este análisis se lleva a cabo debido a que los alimentos pueden tener diversas clases de microorganismos a desarrollar, por lo que el parámetro y cantidad de microorganismos en un alimento es indudablemente una medida para el control de calidad, ver si el alimento es apto para el consumo, o si no cumple con las normas establecidas.

La FAO establece que un alimento es microbiológicamente aceptable cuando se considera la ausencia, presencia y cantidad de microorganismos, (incluidos parásitos), toxinas, los cuales son identificados por unidades de masa, volumen, superficie o lote (FAO, 2013).

El análisis microbiológico consta de:

- Identificación de los microorganismos y toxinas ausentes o presentes en las muestras;

- Definición de los métodos analíticos para realizar la detección y cuantificación microbiológica.
- Elección del número de muestras que debe tomarse de acuerdo a la magnitud de la unidad analítica
- Los límites microbiológicos aceptables propios de cada alimento registrado en normas y unidades específicas. El análisis microbiológico incluye la identificación de microorganismos específicos que se muestran a continuación:

### **Mesófilos aerobios**

En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 35°C +/- 2°C en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima (Fonseca y Avina, 2008).

### **Coliformes totales**

Bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos, fermentan la lactosa a 35°C +/- 2°C con la producción de ácido y gas, catalasa positiva, móviles en su gran mayoría por medio de flagelos peritricos. Tienen una importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos (Fonseca y Avina, 2008).

### **Coliformes fecales**

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44,5°C +/- 0.2°C y producción de indol, crecerán en el medio de cultivo, principalmente *Escherichia coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros *Klebsiella* y *Citrobacter*. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea *Escherichia coli*. Se emplea como un indicador de contaminación fecal en alimentos y por tanto determina si el alimento ha sido manipulado durante todo el proceso en condiciones que aseguren su higiene (Dalton et al, 2000).

## **Mohos y levaduras**

La mayoría son aeróbicos, aunque hay algunas especies facultativas. Su nutrición es heterótrofa, adquieren su energía de compuestos orgánicos del suelo y del agua (Fonseca y Avina, 2008). Las levaduras son hongos unicelulares de forma esférica, alargada u ovalada, presentan diferentes colores: blanco, rosado, beige o rojo. Su tamaño oscila entre 2,5 – 10 micrómetros de ancho y 4,5 - 21 micrómetros de largo. Estos microorganismos se pueden encontrar ampliamente distribuidos en la naturaleza, formando parte de la flora normal de un alimento o como agentes contaminantes de estos. Un pequeño porcentaje de levaduras aproximadamente un 25% pueden alterar los alimentos causando su deterioro debido a la utilización de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, originando un mal olor alterando el sabor y color en la superficie de los productos contaminados, además permiten el crecimiento de bacterias patógenas (Lozada, 2007).

### ***Staphylococcus aureus***

*S. aureus* es una bacteria altamente vulnerable a tratamientos térmicos y a varios agentes sanitizantes. La presencia de esta bacteria en los alimentos procesados o en los equipos donde se procesan, es generalmente un indicador de sanitización inadecuada o manejo inadecuado durante la producción. *S. aureus* produce enterotoxinas termorresistentes que al ingerirse pueden causar intoxicaciones alimentarias. Es actualmente responsable de un alto porcentaje de los brotes de intoxicación alimentaria a nivel mundial (NOM-210-SSA1-2014, Determinación de microorganismos patógenos).

La confirmación de *S. aureus* está basada en una fuerte reacción de coagulasa, pero se reconoce que hay algunas cepas de *S. aureus* que producen una reacción débil. Estas últimas cepas se pueden confundir con otras bacterias, por lo cual es de igual importancia someter a la par la prueba de termonucleasa y por medio del uso de pruebas adicionales, como son la producción de ácido a partir del manitol, entre otras (NOM-210-SSA1-2014, Determinación de microorganismos patógenos).

### ***Salmonella spp.***

Los miembros del género *Salmonella spp* han sido muy estudiados como patógenos cuando se encuentran presentes en los alimentos. El control de este microorganismo depende en cierta medida del método analítico utilizado para su detección. Este microorganismo fue inicialmente identificado en muestras clínicas y los métodos empleados para estos casos se adaptaron posteriormente para su detección en alimentos. Las modificaciones a los métodos consideraron dos aspectos principales, el primero es el debilitamiento o daño a las células bacterianas presentes en un alimento debido al proceso a que está sujeto (por ejemplo: tratamiento térmico, secado, etc.) y segundo, la variabilidad inherente a la naturaleza del producto bajo estudio (NOM-210-SSA1-2014, Determinación de microorganismos patógenos).

### ***Listeria monocytogenes***

*L. monocytogenes* es una bacteria que se desarrolla intracelularmente y es causante de Listeriosis. Es uno de los patógenos más virulentos causantes de infecciones alimentarias, con una tasa de mortalidad entre un 20% a 30%, más alta que casi todas las restantes tóxicas infecciones alimentarias. *L. monocytogenes* es un bacilo corto Gram positivo, que presenta diploformas dispuestas en “V” y anaerobio facultativo capaz de proliferar en un amplio intervalo de temperaturas (1°C a 45°C). Es catalasa positiva y no presenta cápsula ni espora. Tiene flagelos peritricos, gracias a los cuales presenta movilidad a 30°C o menos, pero es inmóvil a 37°C, temperatura a la cual sus flagelos se inactivan (NOM-210-SSA1-2014, Determinación de microorganismos patógenos).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

Elaborar la botana deshidratada tiene la intención de que las nuevas generaciones puedan consumir este fruto, de una manera más fácil, rica y que les llame la atención, también es muy importante encontrar el interés en los campesinos, que son los que determinan la producción primaria, de manera que se propague el cultivo del timbiriche en el estado y promover en el sector empresarial la existencia de la materia prima, posicionándola en el mercado con beneficio económico para la sociedad, ya que en los años 70's en muchos municipios se conocía este fruto, era recolectado del monte, por los campesinos, ahora con el crecimiento de la población y su expansión, ha ido desaparecido, dejando atrás su consumo, perdiendo así la oportunidad de darlos a conocer a las nuevas generaciones y aprovechar los beneficios que pueden aportar tanto a los suelos ya que esta planta evita que estos se erosionen, como a los consumidores por los nutrientes que aporta.

#### **3.1 HIPÓTESIS**

El fruto de *Bromelia hemisphaerica* será factible para presentarlo como una botana deshidratada y generarle un valor agregado.

#### **3.2 OBJETIVOS**

##### **3.2.1 Objetivo general**

Elaborar una botana deshidratada a partir del fruto timbiriche.

##### **3.2.2Objetivos específicos**

- Caracterización morfológica del fruto
- Determinación de color y textura
- Elaboración de la botana
- Realizar análisis bromatológico

- Realizar análisis sensorial
- Determinar antioxidantes
- Cuantificar minerales: Ca, Mg.
- Análisis de vida de anaquel
- Análisis microbiológico

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 MATERIALES Y EQUIPOS

- Bomba de vacío SIEMENS, modelo: IRF3 052-4YC31
- Balanza Analítica Digital. Marca Precisa. Capacidad 220g Modelo XT220A
- Balanza Granataria Marca Ohaus®. Capacidad 2,610 g. Modelo Triple Beam Balance TJ2611
- Centrífuga. Marca International Equipment Company a Division of Damon Refrigerated. Modelo PR-J
- Desecador. Marca Nalgene. Modelo:150MM
- Digestor de Fibra. Marca Labcon.
- Equipo Kjeldahl
- Equipo Soxhlet
- Espectrofotómetro de absorción atómica: AAnalyst 200UV/Vis
- Kit de fibra dietética total SIGMA®.
- Licuadora Osterizer
- Mufla marca FELISA Modelo: FE-363.
- Tamices DAIGGER, U.S. Estándar del No. 60
- Texturómetro modelo TA-XT2t
- Vernier
- Vórtex

## 4.2 METODOLOGÍA

A continuación, en la figura 8 se presenta el diagrama en general de la metodología

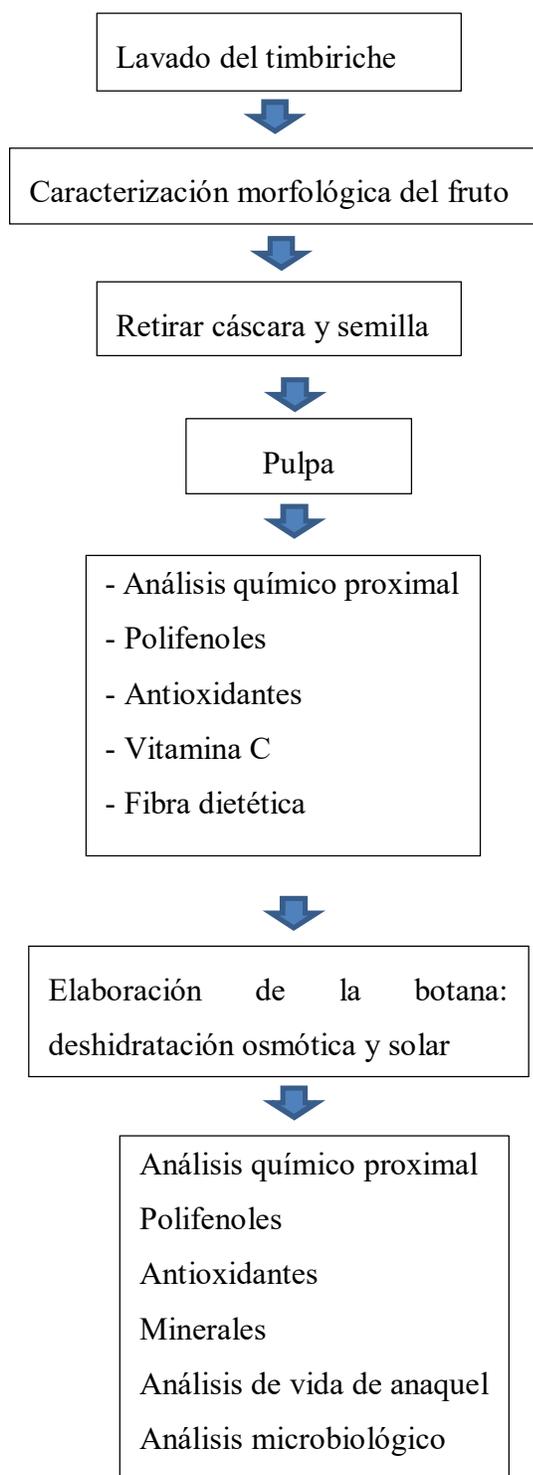


Figura 8: Metodología general

## 4.2.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL FRUTO

El fruto timbiriche utilizado para esta investigación fue cosechado en el municipio de Ziracuaretiro, Michoacán, cuya ubicación geográfica se encuentra entre los paralelos 19°21' y 19°31' de latitud norte; los meridianos 101°48' y 102°00' de longitud oeste; altitud entre 1 200 y 2 400 m. Colinda al norte con los municipios de Uruapan y Tingambato; al este con los municipios de Tingambato, Salvador Escalante y Taretan; al sur con los municipios de Taretan y Uruapan; al oeste con el municipio de Uruapan como se muestra en la (Figura 9).

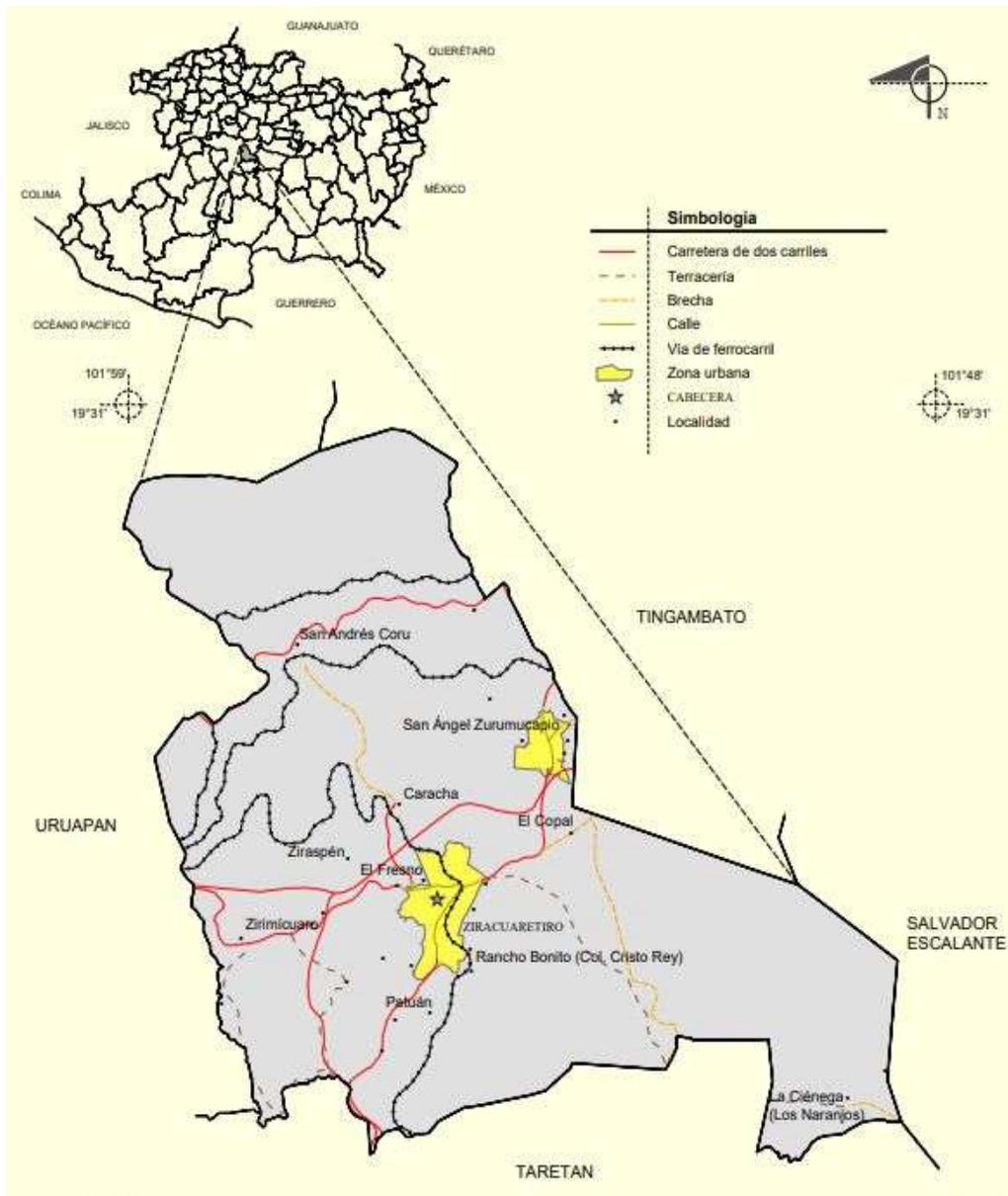


Figura 9: Localización geográfica de Ziracuaretiro Michoacán (prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, 2009).

Se realizó la medición longitudinal, axial y ecuatorial utilizando un vernier (Figura 10), y el peso se cuantificó utilizando una balanza analítica digital, marca precisa. Modelo XT220A (Figura 11).

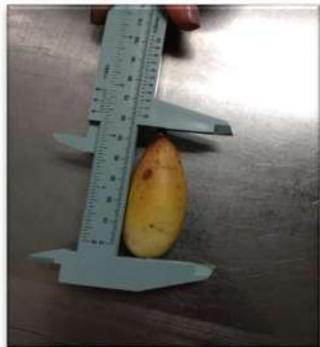


Figura 10: Determinación de tamaño con vernier.



Figura 11: Determinación de peso.

#### 4.2.2 DETERMINACIÓN DE COLOR

Determinación de color utilizando colorímetro de reflectancia Hunter Lab Marca Color Flex® para determinar las coordenadas de color luminosidad, a, b y °Hue.

Se abre el programa universal software versión 4.0

Para estandarizar se coloca el disco negro y se procede a calibrar, seguido a esto se coloca el disco blanco y se hace la misma operación que con el disco negro. Se selecciona en el menú el tipo de muestra a analizar, si esta no está incluida se lee con el menú master color.

Se coloca la muestra en el puerto de lectura (Figura 12) se cubre y se procede a tomar la lectura.



Figura 12: Determinación de color

### 4.2.3 TEXTURA

Se utilizó un Texturómetro modelo TA-XT2t, el cual fue ajustado a una velocidad de 2 mm/s, y una compresión sobre el fruto de 5 mm, utilizando un plato de compresión de 75 mm, (Figura 13). Los resultados fueron expresados en Newton (Vallejo, 2011).



Figura 13: Determinación de textura

### 4.2.4 ELABORACIÓN DE LA BOTANA

Al fruto se le retiro la cáscara y la semilla (Figura 14), una vez teniendo la pulpa cortada en rodajas se le hizo un escaldado, posterior a ello se realizó la inmersión en un jarabe de sacarosa a 55° Bx y se dejó calentando a 70°C durante 7 horas con agitación cada hora, (Figura 15).

Una vez transcurridas las 7 horas de la deshidratación osmótica a una parte de la pulpa se le agrego chile en polvo (Figura 16) solo para ver que sabor tomaba y ver si tenía una mejor aceptación. Se llevó a cabo la deshidratación solar durante 9 horas (Figura 17). Y posteriormente se guardó en bolsa de plástico normal.



Figura 14: Semilla retirada de la pulpa



Figura 15: Deshidratación osmótica.



Figura 17: Deshidratador solar



Figura 16: Adición del chile en polvo

## 4.2.4 ANÁLISIS PROXIMAL: FRUTO, SEMILLA, BOTANA DESHIDRATADA NATURAL, BOTANA DESHIDRATADA CON CHILE

### 4.2.4.1 Determinación de humedad

Se determinó por el método 934.01 de la AOAC (2000). Norma técnica de referencia NOM-211-SSA1-2002. Mediante el porcentaje de agua eliminada por evaporación durante un calentamiento en una estufa a 105 °C por 3 h.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(w_1 + w_2) - w_3}{w_2} \times 100$$

Donde:

$w_1$  = peso cápsula constante

$w_2$  = peso muestra

$w_3$  = peso de la cápsula después de secado.

#### 4.2.4.2 Determinación de cenizas

Se determinó por incineración por el método 962.02 de la AOAC (1990). Norma técnica de referencia NMX-F-607-NORMEX-2002. Previo calentamiento en una parrilla eléctrica para su final calcinación, en una mufla a 560 °C por 3 h. Se realizó el cálculo mediante la siguiente fórmula

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(w_3 - w_1)}{w_2} \times 100$$

Donde:

$w_1$  = peso crisol a peso constante

$w_2$  = peso muestra

$w_3$  = peso de las cenizas

#### 4.2.4.3 Determinación de lípidos

Las grasas se determinan por extracción con éter en el aparato Soxhlet, la posterior evaporación del disolvente comprende la totalidad de los componentes lipoides solubles en el mismo como: gliceridos, fosfolípidos, esteroides, carotenoides, aceites esenciales, etc. Método 920.85 de la AOAC (1997) y NMX-F-615-NORMEX-2004.

Se pesa de 2-5 g de muestra con una humedad menor a 10% y se coloca en un cartucho pequeño.

Se monta el equipo de extracción y se añade por el condensador una cantidad suficiente de éter alrededor de 160 ml, se hace circular agua fría por el condensador y se inicia el calentamiento del baño María para los matraces, de tal forma que la velocidad de evaporación del matraz no sobrepase las dos gotas por segundo.

Se deja efectuar la extracción aproximadamente 6 horas y se recupera el éter. Se atempera y se pesa hasta peso constante. El cálculo se realiza mediante la siguiente fórmula

$$\% \text{ extracto etéreo} = \frac{w_3 - w_1}{w_2} \times 100$$

Donde:

$w_1$  = peso del matraz balón a peso constante

$w_2$  = peso muestra

$w_3$  = peso del matraz balón con residuo etéreo

#### 4.2.4.4 Determinación de proteína

El método se basa en la determinación de nitrógeno orgánico de la muestra, realizándose en dos partes, la primera consistió en la descomposición de la materia orgánica bajo calentamiento, en presencia de ácido sulfúrico concentrado, y luego se registró la cantidad de amoníaco obtenido de la muestra por titulación con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N, en presencia de rojo de metilo. Los cálculos se obtienen mediante la siguiente formula:

$$\%N = (VaNa - VbNb)p - (VaNa - VbNb)t (0.014 \times 6.25 \times 100) / P$$

$Va$  = volumen del acido

$Na$  = normalidad del acido

$Vb$  = volumen de la base

$Nb$  = normalidad de la base

$p$  = problema

$t$  = testigo

$P$  = peso de la muestra en gramos

#### 4.2.4.5 Determinación de fibra cruda

De acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-F-90-S-1978.

Este método se basa en la digestión ácida y alcalina de la muestra obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales que con calcinación posterior se determina la fibra cruda.

El cálculo se hace mediante la siguiente formula

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{[(w_3 - w_1) - (w_4 - w_1)]}{w_2} \times 100$$

En donde:

$w_1$  = peso del crisol a peso constante

$w_2$  = peso muestra

$w_3$  = peso del residuo seco a 105°C

w4 = peso de las cenizas

#### 4.2.5 DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA

Se determinó con la metodología Prosky *et al.*, 1998. Se basó en la digestión enzimática con  $\alpha$ -amilasa, amiloglucosidasa y proteasa para hidrolizar el almidón y la proteína. Alcohol al 95 %, se lavó, seco y peso. Se corrigió la técnica determinando proteína y cenizas de cada una de las fracciones. Se utilizó un Kit de fibra dietética total SIGMA<sup>®</sup>.

$$FD = \frac{W_{residuo} - (W_{cenizas} - W_{proteína})}{WMuestra}$$

Donde:

- FD: Fibra Dietética
- W residuo: Peso papel filtro seco con muestra – Peso papel filtro a peso constante.
- W proteína: peso de la proteína
- W cenizas: peso de cenizas
- W muestra: peso inicial de la muestra

#### 4.2.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Se realizaron pruebas sensoriales con panelistas no entrenados, fueron 30 alumnos de la Facultad de Químico Farmacobiología a los cuales se les dio a probar el timbiriche en fresco, la botana deshidratada natural y la botana deshidratada con chile, los cuales dieron su punto de vista calificando los siguientes atributos: color, olor, sabor y textura, teniendo como opciones, malo, regular, bueno y muy bueno (Figura 18). Posteriormente se usaron niveles de calificación de 2-5, siendo 5 la calificación más alta. Se obtuvo un promedio de todos los factores calificados obteniendo así el flavor.

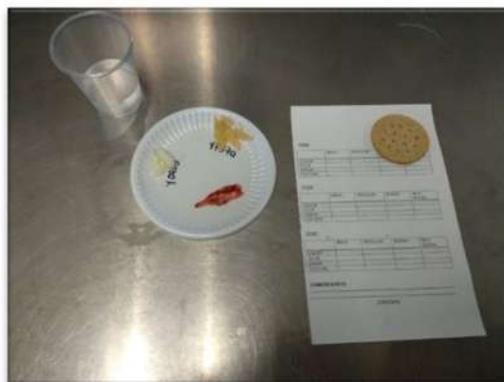


Figura 18: Análisis sensorial

#### 4.2.7 POLIFENOLES EXTRAÍBLES

Se utilizó el método de Folin-Ciocalteu descrito por (Singleton y Rossi, 1965). Para extracción de los polifenoles se usaron como solventes: metanol-agua, acetona-agua y acetona-metanol, de la solución de extracción, se tomaron 20  $\mu\text{L}$  y se le adicionaron 480  $\mu\text{L}$  de agua destilada, 250  $\mu\text{L}$  del Reactivo Folín-Ciocalteu, 1250  $\mu\text{L}$  de Carbonato de Sodio al 20 % y posteriormente se dejó reposar por 2 h en oscuridad. La absorbancia se leyó a 662 nm en un Espectrofotómetro UV/Vis Smartec Plus marca Bio-Rad. La curva de calibración se realizó con ácido gálico. Los resultados fueron reportados como mg equivalentes de ácido gálico EAG/ g.

#### 4.2.8 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Una actividad antioxidante óptima se relaciona con la presencia de grupos hidroxilos en las posiciones 3' y 4' del anillo B, los cuales confieren una elevada estabilidad al radical formado (Sánchez, 2002). Existen diferentes métodos para evaluar la capacidad antioxidante de los llamados agentes antioxidantes. Use las técnicas DPPH y ABTS.

Actualmente el método ABTS ha sido ampliamente usado tanto para materiales biológicos, compuestos puros o extractos de plantas de naturaleza hidrófila o lipofílica. El compuesto

cromógeno ABTS presenta color azul/verde con máximo de absorción a 342 nm, es muy soluble en agua y químicamente estable (Antolovich et al, 2002).

Método DPPH, este radical libre es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante. Los estudios cinéticos muestran que este proceso ocurre a través de una reacción de pseudo primer orden la que puede seguirse midiendo la disminución de la absorbancia en función del tiempo (Brand y Col, 1995).

#### **4.2.8.1 Capacidad antioxidante para el radical DPPH**

Se utilizó la metodología según (Brand y Col, 1995). La cual consistió en tomar 3.8 mL de reactivo DPPH• (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) a una concentración de 100 µmol con una Absorción aproximada de 1.100 unidades, y se le agregó 200 µL del extracto de la muestra. La lectura de la absorbancia fue tomada cada minuto hasta el minuto seis y después a los 30, 60, 90 y 120 minutos. Para la curva de calibración se utilizó como estándar Trolox de 0-1500 µmol. Los resultados fueron reportados como µmol equivalentes a Trolox ET/g muestra, y el porcentaje de inhibición utilizando la siguiente ecuación:

$$\%Inhibición = \frac{Absorciónfinal - Absorcióninicial}{Abosrciónfinal} \times 100$$

#### **4.2.8.2 Capacidad antioxidante para el radical ABTS**

Se preparó una solución del ácido 2,2'-Azinobis-(3-etibenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS) al 7mmol para posteriormente formar el ion ABTS•+; y para ello se agregó persulfato de potasio a una concentración 2.45 mmol (solución Stock), y se dejó reposar la mezcla a 4°C por 12 horas. La Solución Stock fue diluida con etanol hasta obtener una absorbancia de 0.700 (± 0.02) a una longitud de onda de 732 nm a 30°C, equilibrada. Se tomó 30 µL de la solución de extracción y se mezcló con 970 µL del ion ABTS•+. Las lecturas fueron tomadas cada

minuto hasta el minuto 6, y después hasta el minuto 30 y así hasta los 90 minutos. Se realizó en oscuridad. Las muestras se procesaron por triplicado. Para la curva de calibración se utilizó una concentración de 0 a 1500  $\mu\text{mol}$  de Trolox como estándar (Re et al, 1999). Los resultados se reportaron en  $\mu\text{mol}$  equivalentes a Trolox ET/g; y en porcentaje de inhibición mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$\%Inhibición = \frac{Absorciónfinal - Absorcióninicial}{Absorciónfinal} \times 100$$

## **4.2. 9 DETERMINACIÓN DE VITAMINA C**

Método 967.21 de la AOAC

Se determina la vitamina C en su forma reducida por titulación visual con 2,6-diclorofenolindofenol, el cual se basa en la reducción del colorante 2,6-diclorofenolindofenol por solución de ácido ascórbico. El contenido de ácido ascórbico es directamente proporcional a la capacidad de un extracto de la muestra para reducir una solución estándar de colorante determinada por titulación.

## **4.2.10 DETERMINACIÓN DE MINERALES: Ca y Mg.**

Espectroscopia de Absorción Atómica

Se realizó la digestión de la muestra con ácido nítrico, posteriormente se aforo con agua desionizada. Se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica modelo AAnalyst 2000

Se elaboró la curva de calibración para cada elemento con diferentes estándares del mismo, se midió la concentración a la que estaba nuestra muestra con el objetivo de ver si se necesitaba hacer dilución, lo cual no fue necesario. Y se realizó la lectura de la muestra para calcio y magnesio.

## 4.2.11 VIDA DE ANAQUEL

### Q10

El valor de Q10 nos indica cuantas veces se acelera una reacción al aumentar la temperatura en 10 °C. Se necesitan hacer pruebas de vida de anaquel acelerada a dos temperaturas diferentes y distanciadas en 10 °C.

El proceso consiste en graficar un determinado factor de riesgo con respecto al tiempo y la temperatura; y éste arroja una curva determinada de deterioro.

- Determinar el atributo a medir. Se pueden usar varios atributos simultáneamente, pero se estudian de forma individual y se procesan en conjunto.
- Determinar el punto crítico del atributo a medir. Este es el punto donde se termina la vida de anaquel.
- Definir las temperaturas de estudio. Para el cálculo del Q10, mínimo deben estudiarse 2 temperaturas con una diferencia de 10°C.
- Obtener valores numéricos de A con respecto al tiempo en días. Se requiere mínimo 7 puntos de muestreo por temperatura. El estudio no necesariamente debe incluir al valor del punto crítico, ya que éste se puede obtener por extrapolación de los datos.
- Graficar. Establecer la relación matemática entre el tiempo de estudio y los valores del atributo conforme pasa el tiempo. Obtener el valor del Coeficiente de Correlación.
- Obtener el orden de reacción. Cuando el orden de reacción es 0, se obtiene una línea recta; cuando el orden de reacción es 1, se obtiene una curva, pero aplicando logaritmos se puede ajustar a una línea recta.
- Obtener la pendiente y la intersección de la recta con el eje Y

## DÍA CRÍTICO

Seleccionar datos de la temperatura 1. Se grafica Días vs. Atributo. El eje de las X corresponde al tiempo y el eje de las Y al atributo. Obtener la pendiente y la intersección.

Determinar el Tiempo del Atributo Crítico ( $\theta_c$ ). Este es un número en concreto y es una unidad de tiempo. Este corresponde al máximo o mínimo del atributo que no puede sobrepasarse.

$$\theta_c = \frac{(\text{PuntoCrítico} - \text{Intersección})}{\text{Pendiente}}$$

- Obtener el logaritmo base 10 del tiempo del punto crítico a la temperatura 1 y a la temperatura 2.
- Graficar Temperatura contra  $\theta_c$ . Temperatura eje X y Log de  $\theta_c$  eje Y.
- Obtener la pendiente y la intersección con el eje Y.
- Para obtener la vida útil se usa la siguiente ecuación aplicando Q10.

$$\theta_s = 10^{(mT+b)}$$

Donde  $\theta_s$  es la vida útil; m la pendiente de la recta; b la intersección con el eje de las Y; y T la temperatura a la que se quiere calcular la vida útil.

- En ocasiones no se conoce ningún dato del alimento en estudio y se necesitan datos rápidos para tener una idea de cuál será la vida de anaquel del producto en estudio. Se puede utilizar una sola temperatura y asumiendo que el  $Q_{10} = 2$

En este estudio se realizó de esta manera ya que no se hizo el análisis tomando en cuenta las dos temperaturas, solamente una.

## **4.2.12 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

### **4.2.12.1 Bacterias mesófilicas aerobias: NOM-092-SSA1-1994**

El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un cierto tiempo y temperatura de incubación, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores.

### **4.2.12.2 Coliformes totales en placa: NOM-113-SSA1-1994**

El método permite determinar el número de microorganismos coliformes presentes en una muestra, utilizando un medio selectivo (agar rojo violeta bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h, dando como resultado la producción de gas y ácidos orgánicos, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares.

### **4.2.12.3 NMP de coliformes fecales: NOM-210-SSA1-2014. Apéndice H**

Método aprobado para la estimación de la densidad de Coliformes Fecales y *E. coli* por la técnica del NMP presentes en muestras de alimentos para consumo humano y agua.

Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma tiene por objeto establecer los métodos generales y alternativos de prueba para la determinación de los siguientes indicadores microbianos y patógenos en alimentos, bebidas y agua para uso y consumo humano:

- *Salmonella* spp.
- *S. aureus*
- *L. monocytogenes*
- Enterococos
- Coliformes Fecales
- *E. coli*.

#### **4.2.12.4 Mohos (hongos) y levaduras: NOM-111-SSA1-1994**

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método general para determinar el número de mohos y levaduras viables presentes en productos destinados al consumo humano por medio de la cuenta en placa a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ . El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

#### **4.2.12.5 *Staphylococcus aureus*: NOM-210-SSA1-2014. Apéndice B**

Se establece el método microbiológico para determinar la cuenta de *S. aureus* presente en alimentos para consumo humano nacionales o de importación.

Este método permite hacer una estimación del contenido de *S. aureus* en los productos de consumo, se efectúa directamente en placas de medio de cultivo selectivo y diferencial, con la confirmación mediante las pruebas de coagulasa/termonucleasa como determinante y pruebas auxiliares.

#### **4.2.12.6 Enterotoxina estafilocócica: Método Elisa NOM-243-SSA1-2010**

Este método se basa en un inmunoensayo visual el cual proporciona una prueba rápida (4h), sensible (1,0 ng o más por mL o g), y específica para la identificación de las enterotoxinas A-E estafilocócicas. Sin embargo, con esta prueba no se identifican los serotipos de enterotoxina, en forma individual. La prueba de Elisa se realiza en configuración de "sándwich".

#### **4.2.12.7 *Salmonella spp*: NOM-210-SSA1-2014 Apéndice A**

Este método es aplicable para la detección de *Salmonella spp* en productos para consumo humano, así como de áreas de producción y manejo de alimentos especialmente en productos

donde las condiciones ambientales permiten la contaminación de estos productos por microorganismos de la familia Enterobacteriaceae.

La determinación de la presencia o ausencia de *Salmonella spp*, en cierta cantidad de masa o volumen específico de producto, se lleva a cabo acorde requiriendo 4 etapas sucesivas.

Las cuales son:

- Etapa de pre-enriquecimiento
- Enriquecimiento selectivo
- Aislamiento en medios de cultivos selectivos y diferenciales
- Identificación bioquímica y confirmación serológica de los microorganismos.

Nota: *Salmonella spp* puede presentarse en concentraciones bajas y en algunas ocasiones ir acompañada de una gran cantidad de biota microbiana y de otras enterobacterias y otros géneros bacterianos. Es por lo que se hace necesario el pre-enriquecimiento para permitir la detección de un número bajo de bacterias o células estresadas de *Salmonella spp*.

#### **4.2.12.8 *Escherichia Coli*: NOM-210-SSA1-2014. Apéndice I**

Este método consta de dos etapas. La primera es un enriquecimiento mediante la inoculación de la muestra previamente homogeneizada y diluida en cinco tubos por dilución, en caldo glutamato con minerales modificado e incubado a  $37\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24h. La segunda es la confirmación de la presencia de *E. coli* mediante la resiembra de tubos en los que se observe producción de ácido en agar que contenga 5-bromo-4-cloro-3-indol--D glucuronido y detectar la actividad de -glucuronidasa incubado a  $44\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 22h  $\pm$  2h.

#### **4.2.12.9 *Listeria monocytogenes*: NOM-210-SSA1-2014. Apéndice C**

Este método permite determinar la presencia o ausencia de *L. monocytogenes* en los productos de consumo, se efectúa por medio de un pre-enriquecimiento selectivo y después su aislamiento en placas de medio de cultivo selectivo y diferencial, con la confirmación mediante pruebas bioquímicas y fisiológicas

#### **4.2.12.10 *Vibrio parahaemolyticus*: Bacteriology Analytical Manual, May 2004, Cap. 9**

El agar TCBS es un medio comúnmente utilizado para aislar *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* y otras especies de mariscos. Este medio es compatible con el buen crecimiento de la mayoría de las especies, al tiempo que inhibe la mayoría de los no vibrios. Las cepas de *V. cholerae*, excepto el biotipo clásico, crecerán en agar mCPC, mientras que la mayoría de las cepas de *V. parahaemolyticus* y otras especies no lo harán. Para facilitar la identificación de aislados sospechosos, el kit de diagnóstico rápido API 20E se puede usar en lugar de los muchos medios bioquímicos necesarios para la identificación. Además, las sondas de ADN o PCR se pueden usar para la identificación de *V. vulnificus* y *V. parahaemolyticus*.

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DEL FRUTO

La caracterización morfológica es uno de los parámetros principales que se le determinan a los frutos frescos para evaluar las características en cuanto a forma, longitud y peso del fruto, este estudio nos ayuda a determinar la calidad para seleccionar los frutos de acuerdo a las características ya mencionadas, las cuales determinan si es rentable para su aprovechamiento específicamente para la pulpa; cómo podemos observar en la Tabla 2 el resultado es favorable en cuanto a cantidad de pulpa obtenida con los demás parámetros que fue cascara y semilla, esto quiere decir que si se aprovecha la mayor cantidad en peso del fruto.

Tabla 2: Caracterización morfológica del fruto del timbiriche

| <b>Parámetros</b>        | <b>Resultados</b> |
|--------------------------|-------------------|
| Total, de fruto          | 3.85kg            |
| Cascara                  | 1.645kg           |
| Pulpa                    | 2.01kg            |
| Semilla                  | 0.19kg            |
| Promedio del peso de c/u | 17.69±5.00 g      |
| Medición axial           | 5.29±0.75 cm      |
| Medición ecuatorial      | 2.31±0.46 cm      |

### 5.2 DETERMINACIÓN DE COLOR

Los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en una muestra de alimento, designan:  $L^*$  la luminosidad (0 = negro y 100 = blanco), siendo  $a^*$  y  $b^*$  las coordenadas cromáticas rectangulares (+a = rojo y -a = verde / +b = amarillo y -b = azul).

Por otra parte, el croma o cromaticidad ( $C^*$ ) indica cuán puro, intenso o vivo es un color en una escala del 1 al 100, donde este último valor expresa la mayor pureza.

Como podemos observar en la Tabla 3 nuestro fruto en la coordenada de luminosidad nos da un resultado de 42.7417 lo que nos indica que va de un color oscuro hacia el blanco como lo

podemos observar en la (Figura 19) del diagrama y que también lo podemos ver en la (Figura 20) del fruto, en la coordenada cromática  $a^*$  nos da un resultado de 3.1422 lo que nos indica que se acerca más al rojo que al verde y en la coordenada  $b$  14.7810 que tiende más hacia el amarillo que al azul. En Chroma nos da un resultado de 15.11 encontrándose en el primer cuadrante del diagrama indicando un color guinda/blanco, por lo que podemos observar no es un color puro, ya que no se conforma de un solo color como podemos observar en la (Figura 20). Estos resultados son respecto al fruto maduro, donde la cascara ha adquirido el color rosado, que es lo que indica su maduración.

Tabla 3: Resultados de color

| Coordenada de color | Valores      |
|---------------------|--------------|
| $L^*$               | 42.7417±8.67 |
| $a^*$               | 3.1422±2.87  |
| $b^*$               | 14.7810±3.68 |
| Chroma              | 15.11        |
| °Hue                | 78           |

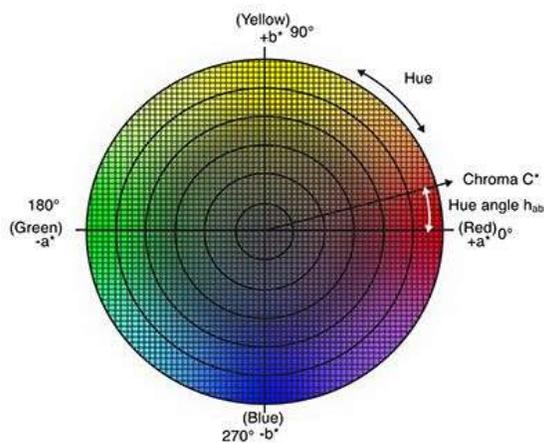


Figura 19: Diagrama CIELAB



Figura 20: Fruto timbiriche

### 5.3 Determinación de textura

Dentro de las mediciones instrumentales desarrolladas para medir las características mecánicas de los alimentos, están sustentadas la aplicación de fuerza sobre ellos (Aguilera,

2002), en los resultados que se muestran en la Tabla 4 represento el valor obtenido de la resistencia de compresión a la fuerza aplicada sobre el fruto del timbiriche. La evaluación de la textura de este fruto es muy importante ya que así nos damos cuenta si esto puede afectar en el proceso o manipulación para elaborar la botana, ya que al someter a la deshidratación osmótica y solar la textura final a la que se llegue puede no ser la deseada o no apta para consumirla de esta manera. Estos resultados fueron favorables para evaluar la calidad del fruto, ya que a comparación del fruto kiwi que su firmeza es alta y de 60 N reportado por (Beever y Hopkrirk, 1990) nuestro fruto presenta una firmeza de 63.4249 lo que nos permite garantizar que puedes ser apropiado para la elaboración de la botana.

Tabla 4: Resultados de resistencia a la compresión

| TEXTURA      | F/N         |
|--------------|-------------|
| Fruto fresco | 63.42±13.64 |

#### 5.4 Análisis proximal

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis proximal del timbiriche como fruto fresco y de las dos botanas elaboradas, podemos observar que la humedad en el timbiriche fresco es de 85.78 % y de acuerdo a lo reportado por (Abreu et al, 2005) 86.65 % en la variedad de *Bromelia karatas*, son muy similares y en las botanas este valor se reduce de manera muy notable 9.42 % botana natural y 10.40 % botana con chile, debido a la deshidratación osmótica a la que fue sometida, perdiendo así la mayor parte de agua, pero esto es lo que nos permite una vida de anaquel más larga reduciendo el crecimiento de otros microorganismos.

Las cenizas en el fruto fresco dan como resultado 4.70% y de acuerdo a (Abreu et al, 2005) 4.22 % también tiene gran relación estos resultados y lo que podemos notar aquí es que en la botana deshidratada con chile esta cantidad se mantiene, esto puede deberse a los

componentes que tiene el chile en polvo con el que fue preparado como por ejemplo las sales, y los principales minerales que contiene son sodio, calcio.

El contenido de lípidos, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras y de ácidos grasos libres dio como resultado 0.86% en el fruto fresco, comparado a (Abreu et al, 2005) para la variedad de *Bromelia pinguin* que es de 1.40 %, podemos notar que es menor el contenido en nuestro fruto, lo mismo que en las botanas deshidratadas ya que en la botana natural nos dio de 0.67% y en la botana con chile 0.71% lo cual es un buen resultado ya que en lugar de aumentar los lípidos al someter a la deshidratación el contenido es menor , así no se estaría ingiriendo una cantidad alta de grasas.

En cuanto al contenido de fibra cruda en el fruto fresco 2.26 % (Abreu et al, 2005) reporta un 0.62 % como podemos observar nuestra variedad tiene un mejor aporte en cuanto a ésta y aunque es mayor en el fruto fresco, también aporta una vez que esta deshidratado y es una buena manera de agregarla en nuestra dieta.

La proteína en el timbiriche fresco nos arroja un valor de 5.53% respecto a la variedad *Bromelia karatas* que (Abreu et al, 2005) reporta un 3.13 % podemos observar que *Bromelia hemisphaerica* tiene un valor más alto, y cabe destacar que esta se concentra al deshidratar el fruto, ya que en la botana con chile nos da 19.65% y en la botana natural 19.77%, estos dos últimos resultados no tienen diferencia significativa entre ellos, pero respecto al fruto en fresco si, ya que nos da un aumento muy considerable.

Los carbohidratos se elevan en gran medida al deshidratar el fruto ya que se concentran todos los azúcares, tomando el lugar del agua que tenía el fruto en fresco, para conservar la botana.

Tabla 5: Resultados del análisis químico proximal fruto timbiriche y botanas elaboradas

|                | TIMBIRICHE<br>FRESCO | BOTANA<br>NATURAL | BOTANA<br>CON CHILE |
|----------------|----------------------|-------------------|---------------------|
| <b>HUMEDAD</b> | 85.78%±0.24          | 9.42%±0.04        | 10.40%±0.35         |

|                    |            |             |            |
|--------------------|------------|-------------|------------|
| <b>CENIZAS</b>     | 4.70%±0.18 | 1.08%±0.03  | 4.24%±0.03 |
| <b>FIBRA CRUDA</b> | 2.03%±0.44 | 1.39%±0.13  | 1.16%±0.05 |
| <b>LÍPIDOS</b>     | 0.86±0.46  | 0.67%±0.06  | 0.71%±0.08 |
| <b>PROTEÍNA</b>    | 5.53%±0.03 | 19.65%±0.19 | 19.77±0.02 |
| <b>E.L.N.</b>      | 1.06%      | 67.76%      | 63.70%     |

\*E.L.N.= Extracto libre de Nitrógeno, calculado por diferencia

## 5.5 Análisis Sensorial de la botana

El análisis sensorial es una determinación que se realiza para evaluar la aceptación o rechazo en nuestra botana, en la cual los parámetros a analizar fueron color, olor, sabor y textura. Este análisis se realizó tanto al fruto fresco como a la botana elaborada y los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 6.

El color es el primer contacto que tiene el consumidor con el producto, por esto es una de las propiedades más importantes para aceptación o rechazo, si el color no es agradable a la vista, no se le va antojar probarlo, como podemos observar en la Tabla 6 el que tuvo resultados más altos fue la botana deshidratada con chile lo que nos indica que tiene un grado de aceptación mayor, esto se debe, a que por su color rojo el cual fue adquirido en el procesamiento por la adición del chile en polvo como podemos ver en la Figura 21 es más llamativo a la vista y el consumidor lo puede asociar a alimentos ya conocidos en ese color y que son agradables al gusto.



Figura 21: Botana deshidratada con chile

En cuanto al sabor la botana con chile le gusto más a los panelistas, ya que mejoraba el sabor una vez que se combinó la acidez del fruto deshidratado con el chile, para la textura no tiene diferencia significativa en las tres presentaciones, así que la deshidratación no influye en que su textura pueda ser desagradable y cómo podemos observar el olor de la botana natural no tuvo aceptación buena, esto se puede deber a que por la concentración del azúcar no se podía percibir el olor naturalmente, en cambio la que tenía el chile, se percibía más el olor y así se antojaba más.

Como podemos observar en el flavor de la botana con chile tiene un valor más elevado 4.16 respecto a la botana natural 3.0293 y el fruto fresco 3.4749 lo que nos dice que el conjunto de todos estos atributos lo hace más aceptable por el consumidor.

Tabla 6. Resultados del análisis sensorial

| <b>Sensorial</b>        | <b>Color</b> | <b>Olor</b> | <b>Sabor</b> | <b>Textura</b> | <b>Flavor</b> |
|-------------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| <b>Fresco</b>           | 3.4±0.67     | 3.46±0.57   | 3.40±0.93    | 3.63±0.71      | 3.47±0.11     |
| <b>Botana natural</b>   | 3.76±0.50    | 0.72±0.13   | 4.23±0.81    | 3.40±0.89      | 3.02±1.57     |
| <b>Botana con chile</b> | 4.03±0.80    | 3.90±0.60   | 4.76±0.43    | 3.96±0.96      | 4.16±0.40     |

\*Desviación estándar calculada con el Software JMP.

## 5.6 Polifenoles

Los frutos, en adición a los nutrientes esenciales y a una serie de micronutrientes tales como minerales, fibras y vitaminas, aportan diversos componentes, metabolitos secundarios de naturaleza fenólica, denominados polifenoles (Beever y Hopkrirk, 1990). Los polifenoles de este fruto y de la botana elaborada fueron extraídos con tres mezclas de solventes orgánicos, metanol-agua, acetona-agua y acetona-metanol, se construyó una curva patrón usando como estándar ácido gálico. Como podemos observar en la Tabla 7 para el timbiriche fresco el

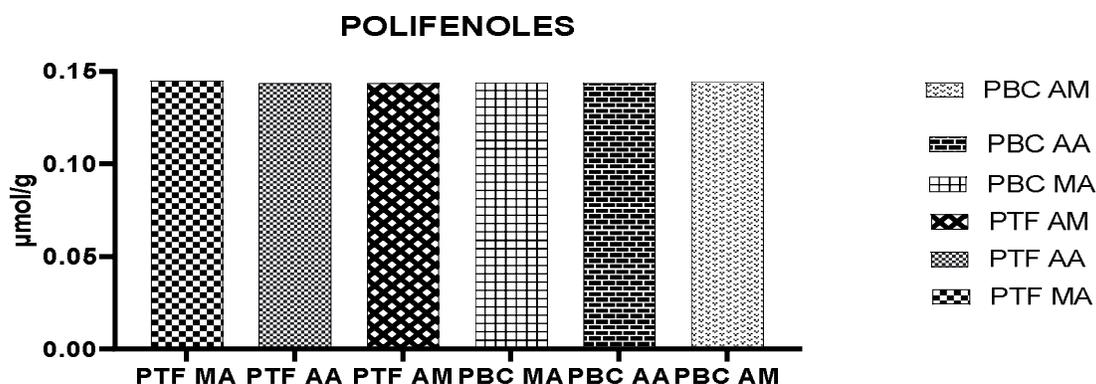
solvente que logro extraer mayor cantidad de polifenoles fue la mezcla de metanol-agua con un resultado de 0.1448 mgEAG/g. pero no tiene una diferencia significativa respecto a los otras dos mezclas de solventes, acetona-agua 0.1436 mgEAG/g. y acetona-metanol 0.1437 mgEAG/g. y para la botana con chile el solvente que mejor extrajo fue la mezcla de acetona-metanol 0.1444 mgEAG/g. pero también sin diferencia significativa para las otras dos mezclas de solventes, esto se ve más claro en la Gráfica 1 así que en este caso no tiene gran importancia que tipo de estos solventes se utilicen para extraerlos, podríamos usar el de más bajo costo sin que esto nos afecte en gran medida.

Tabla 7: Resultados de Polifenoles

| Solvente        | Timbiriche fresco<br>(*mgEAG/g.) | Botana con chile<br>(*mgEAG/g.) |
|-----------------|----------------------------------|---------------------------------|
| Metanol-agua    | 0.1448±0.00                      | 0.1440±0.00                     |
| Acetona-agua    | 0.1436±0.00                      | 0.1435±0.00                     |
| Acetona-metanol | 0.1437±0.00                      | 0.1444±0.00                     |

\* (mg Equivalentes de Ácido Gálico).

Gráfica 1: Resultados de Polifenoles



## 5.7 Antioxidantes

### 5.7.1 Capacidad antioxidante

Se han descrito diversas técnicas (ABTS, DPPH, DMPD, DMPO y FRAP) para evaluar la capacidad de los compuestos fenólicos que contienen los frutos para captar los radicales libres generados. Los métodos más aplicados son ABTS y DPPH. Ambos presentan una excelente estabilidad en ciertas condiciones, aunque también muestran diferencias, la técnica que utiliza el radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo conocido por las siglas DPPH ha recibido una preferencial atención (Halvorsen et al 2011). Este radical libre es susceptible de reaccionar con compuestos antioxidantes a través de un proceso caracterizado por la cesión de un átomo de hidrógeno proporcionado por el agente antioxidante.

Los resultados se muestran en las Tablas 8 y 9 para el fruto deshidratado y la botana con chile donde podemos ver que en las tres mezclas de solventes, para el radical que tuvo una capacidad más alta fue el DPPH con la mezcla de acetona-metanol 224.81  $\mu\text{mol ET/g}$  aunque sin diferencia significativa respecto a las otras dos mezclas de solventes: metanol-agua 222.86  $\mu\text{mol ET/g}$  y acetona-agua 221.13  $\mu\text{mol ET/g}$  respectivamente, a comparación del cromógeno ABTS ya que sus resultados oscilan entre 20.38  $\mu\text{mol ET/g}$  y 20.63  $\mu\text{mol ET/g}$  aquí si hay una diferencia muy significativa, la misma situación pasa con el fruto fresco, los valores obtenidos son muy similares a la botana elaborada que para el radical DPPH los resultados oscilan de 218.64  $\mu\text{mol ET/g}$  a 226.00  $\mu\text{mol ET/g}$  con la misma diferencia sobre el radical ABTS donde los valores obtenidos son de 19.65  $\mu\text{mol ET/g}$  a 20.50  $\mu\text{mol ET/g}$  lo cual quiere decir que la capacidad antioxidante se mantiene del fruto fresco al elaborar la botana así que no perjudica en nada el proceso que se realiza para obtenerla y entonces se estaría consumiendo el mismo valor que al comer el fruto fresco.

Tabla 8: Capacidad antioxidante botana con chile

| Solvente        | DPPH ( $\mu\text{mol ET/g}$ ) | ABTS ( $\mu\text{mol ET/g}$ ) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Metanol-agua    | 222.86 $\pm$ 1.06             | 20.63 $\pm$ 0.16              |
| Acetona-agua    | 221.13 $\pm$ 0.45             | 20.38 $\pm$ 0.07              |
| Acetona-metanol | 224.81 $\pm$ 0.76             | 20.63 $\pm$ 0.16              |

Grafica 2: Capacidad antioxidante botana con chile

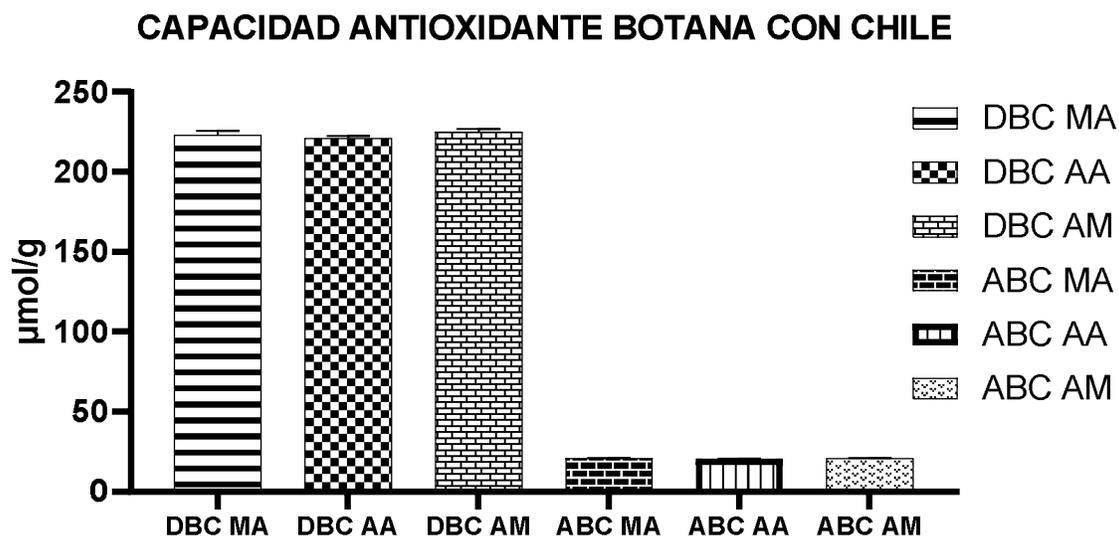
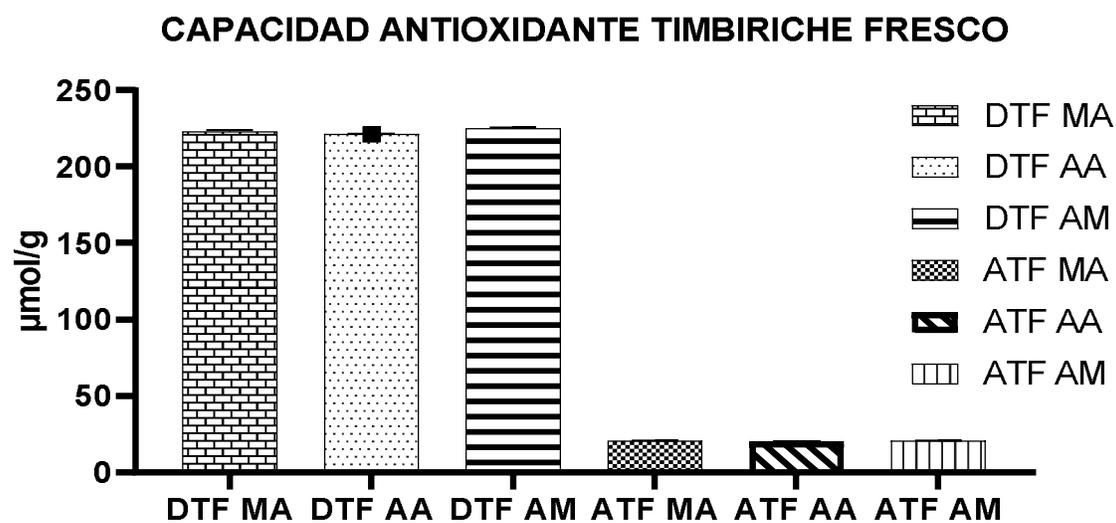


Tabla 9: Capacidad antioxidante timbiriche fresco

| Solvente        | DPPH ( $\mu\text{mol ET/g}$ ) | ABTS ( $\mu\text{mol ET/g}$ ) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Metanol-agua    | 222.97 $\pm$ 3.97             | 19.65 $\pm$ 0.09              |
| Acetona-agua    | 218.64 $\pm$ 7.9              | 20.15 $\pm$ 0.24              |
| Acetona-metanol | 226.00 $\pm$ 0.31             | 20.50 $\pm$ 0.20              |

Grafica 3: Capacidad antioxidante del timbiriche fresco



### 5.7.2 Porcentaje de inhibición

Las Tablas 10 y 11 muestran los resultados del porcentaje de inhibición del fruto fresco y la botana elaborada con chile, el radical al cual tiene un mayor porcentaje de inhibición es para DPPH en comparación a ABTS en las dos pruebas realizadas, lo que nos indica que nuestro producto no es de naturaleza hidrofílica ni lipofílica ya que este cromógeno mide la actividad de estos mismos y el DPPH se disuelve en medio orgánico lo que es la naturaleza de la botana elaborada. En la Tabla 10 se muestran los resultados para el radical DPPH donde podemos observar que la mezcla de acetona-metanol no tiene porcentaje de inhibición en el timbiriche fresco, únicamente las mezclas de solventes metanol-agua 74.07 % y acetona-agua 75.42% sin diferencia significativa entre ambas, también podemos notar en los resultados de la botana con chile que es menor el porcentaje de inhibición respecto al timbiriche fresco ya que nos dan de entre 51.87% en la mezcla metanol-agua y 51.25% con acetona-agua lo cual no hay diferencia mayor entre ellos y respecto a la mezcla acetona-metanol el porcentaje de inhibición es menor 12.54% a diferencia de las otras dos mezclas de solventes, pero en comparación al fruto fresco si hay un porcentaje de inhibición.

En la Tabla 11 se muestran los resultados para el radical ABTS, el timbiriche fresco tiene un porcentaje de inhibición muy bajo con la mezcla de metanol-agua 4.43% y con los solventes acetona-agua 27.27% y acetona-metanol 23.88% estos resultados son muy similares a diferencia de la botana con chile esta solamente mostro un porcentaje de inhibición con la mezcla de metanol-agua 26.19% un resultado muy similar al fruto fresco con las dos mezclas de solventes.

Tabla 10: Porcentaje de inhibición timbiriche fresco

| Solvente        | ABTS   | DPPH   |
|-----------------|--------|--------|
| Metanol-agua    | 4.43%  | 74.07% |
| Acetona-agua    | 27.27% | 75.42% |
| Acetona-metanol | 23.88% | 0 %    |

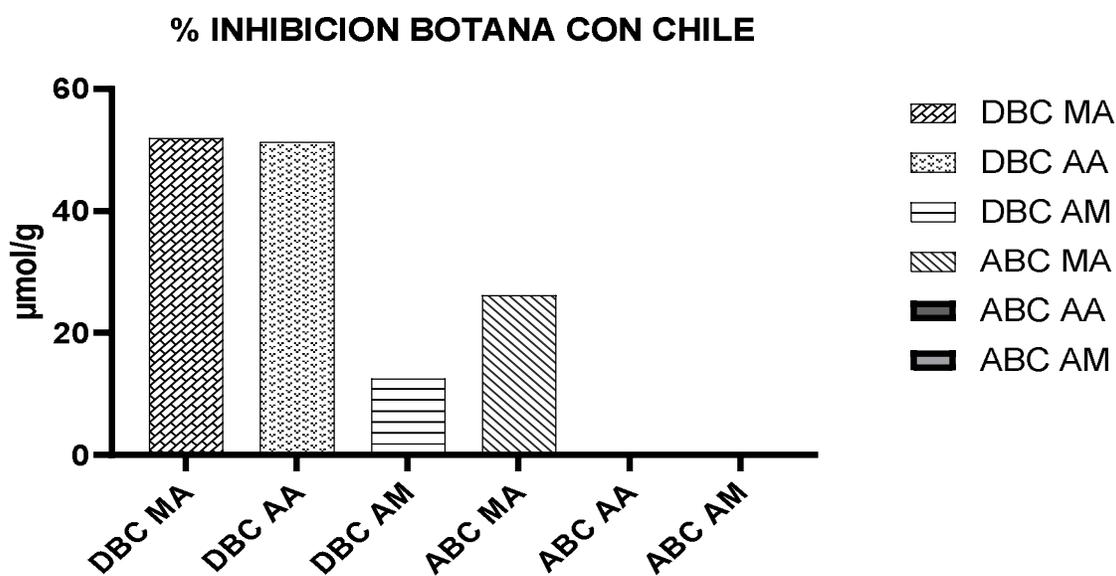
Grafica 4: Porcentaje de inhibición del fruto fresco



Tabla 11: Porcentaje de inhibición botana con chile

| Solvente        | ABTS   | DPPH    |
|-----------------|--------|---------|
| Metanol-agua    | 26.19% | 51.87%  |
| Acetona-agua    | 0 %    | 51.25 % |
| Acetona-metanol | 0 %    | 12.54%  |

Grafica 5: Porcentaje de inhibición botana con chile



## 5.8 Vitamina C

La determinación se realizó para ver cuánto se afecta respecto a la temperatura que se aplicó al someter el fruto a la deshidratación osmótica, como podemos observar en la Tabla 9 si hay una diferencia significativa en el valor, y este disminuye considerablemente porque puede perderse por lixiviado durante el escaldado o la deshidratación osmótica, debido a su gran solubilidad en agua, su alta termo sensibilidad y a su oxidación, aunque aun así nos sigue aportando una pequeña cantidad 22.23 mg para lo requerido en la dieta de un adulto que son 60 mg diarios y es importante ya que esta vitamina al pertenecer a las hidrosolubles el hombre tiene una capacidad limitada para almacenarla y tampoco la puede producir por lo cual debe estarla consumiendo continuamente.

Tabla 12: Resultados de Vitamina C

|                  |                              |
|------------------|------------------------------|
| Fruto fresco     | 198.95mg ácido ascórbico/ ml |
| Botana con chile | 22.23 mg ácido ascórbico/ ml |

## 5.9 Fibra dietética

La fibra dietética presenta muchas cualidades funcionales, como por ejemplo la habilidad de captar agua, y reducir el contenido de glucosa en sangre. Como podemos observar el contenido de fibra dietética soluble es más alto que el contenido de fibra dietética insoluble, y como se mencionó antes la fibra dietética soluble se asocia más a la disminución de los factores de riesgo cardiovascular. Los resultados obtenidos son muy favorables ya que es un buen aporte de fibra a nuestra dieta y lo recomendado al día por la OMS son 40 gramos de fibra diarios.

Tabla 13: Resultados para Fibra dietética

|       | Fibra dietética insoluble | Fibra dietética soluble |
|-------|---------------------------|-------------------------|
| Fruto | 5.92±0.22                 | 6.95±3.93               |

## 5.10 Minerales

El contenido de calcio en la botana con chile nos dio como resultado 1.81 mg/g y en comparación con el fruto de *Bromelia pinguin* 1.20 mg/g reportado por (Payrol et al, 2005) podemos observar nuestra variedad tiene un contenido más alto de calcio.

Para el magnesio (Payron et al, 2005) reporta 0.32 mg/ g en *Bromelia pinguin* y nuestro resultado es de 0.34 mg/g lo que es muy similar, con esto podemos ver que nuestro fruto también tiene un buen aporte de estos minerales y es una forma de incluirlos en la dieta diaria.

Tabla 14: Resultados minerales botana con chile

|                  | Ca        | Mg        |
|------------------|-----------|-----------|
| Botana con chile | 1.81 mg/g | 0.34 mg/g |

## 5.11 Análisis de vida de Anaquel

Se realizó con el objetivo de ver como se afectaba la vida de la botana conforme va pasando el tiempo ver cuánto tiempo de vida útil tiene, esto se realizó en condiciones de vida de anaquel acelerada, a una temperatura de 45°C y se examinó el producto periódicamente, tomando en cuenta los atributos de humedad, °Brix y acidez.

El cálculo de la vida de anaquel se determinó con el factor de humedad, considerando que  $45^{\circ}\text{C} = Q_{10} = 2$ ,  $2^2 = 4$  días, durante 90 días, lo que en vida acelerada nos representa un año. Tanto en la botana con chile como en la botana natural, la humedad siempre fue disminuyendo y la humedad crítica no tiene diferencia significativa para ninguna de las dos presentaciones como podemos observar en las Tablas 15 y 17 de la botana natural y la botana con chile respectivamente la humedad fue disminuyendo, y en las Tablas 16 y 18 los tiempos críticos también son muy semejantes sin embargo al graficar estos, Gráficas 6 y 7, extrapolando los resultados obtenidos para la vida de anaquel de la botana natural es de 328.09 días y para la botana con chile es de 363.91 días y cómo podemos notar en la botana natural son menos días, lo que podría ser que los componentes que tiene el chile le ayudan a

la botana a conservarse mejor como por ejemplo el sodio, y la importancia de esta prueba radica en que este fruto es de temporada y así se comprueba que lo podemos tener durante todo el año.

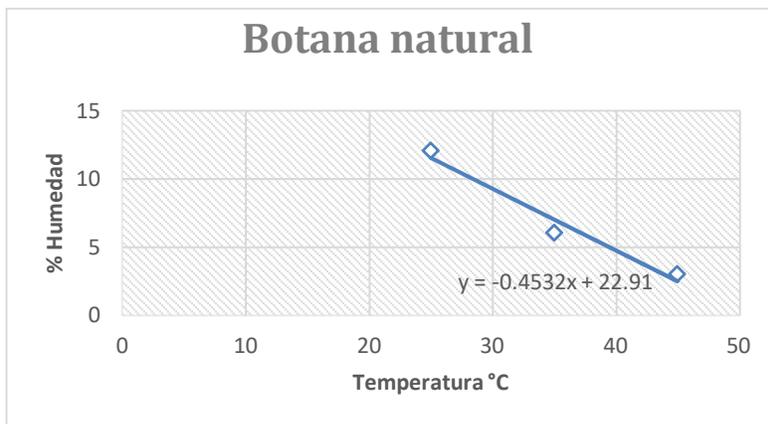
Tabla 15: Días vs % humedad botana natural

| Días | %Humedad |
|------|----------|
| 0    | 13.9887  |
| 15   | 8.9281   |
| 30   | 3.8394   |
| 45   | 7.6173   |
| 60   | 3.7806   |
| 75   | 4.4582   |
| 90   | 3.4038   |

Tabla 16: Temperatura vs tiempo crítico botana natural

| Temperatura | $\theta_c$ |
|-------------|------------|
| 45          | 3.0211     |
| 35          | 6.0422     |
| 25          | 12.0844    |

Grafica 6: Tiempo del atributo critico botana con chile



**Vida útil a 45°C= 363.9150 días**

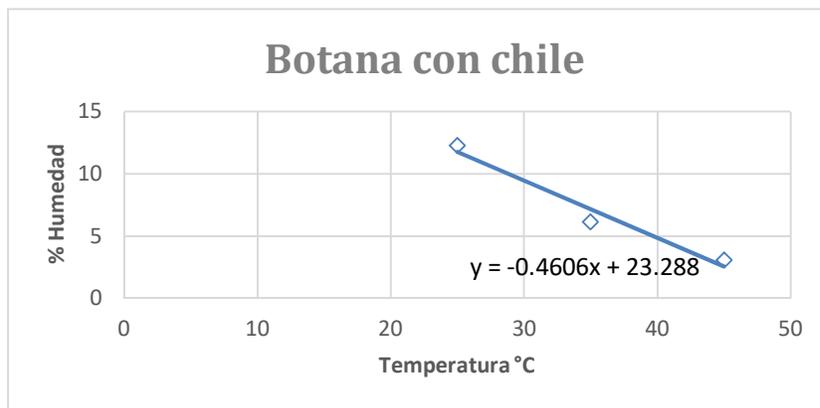
Tabla 17: Días vs % humedad botana con chile

| Días | % Humedad |
|------|-----------|
| 0    | 15.254    |
| 15   | 10.4622   |
| 30   | 6.3367    |
| 60   | 6.234     |
| 75   | 8.7481    |
| 90   | 5.1311    |

Tabla 18: Temperatura vs tiempo crítico botana con chile

| Temperatura | $\theta_c$ |
|-------------|------------|
| 45          | 3.071      |
| 35          | 6.142      |
| 25          | 12.284     |

Grafica 7: Tiempo del atributo critico botana natural



**Vida útil a 45°C=328.095 días**

## 5.12 Análisis Microbiológico

Los tipos y números de microorganismos hallados en los productos deshidratados dependen en gran medida del tipo de alimento, de sus antecedentes y de su composición (Mossel, 2003).

Las frutas deshidratadas debido a la naturaleza de su pH ácido comprende sobre todo levaduras (*Cándida*, *Hanseniaspora*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*) y mohos (*Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Xeromyces*) (Pitt y Hocking, 1997). En la Tabla 19 se muestran los resultados del Análisis microbiológico, donde se refleja de acuerdo al reglamento técnico centroamericano 67.04.50:17 y a la norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano que las bacterias Mesófilas aerobias 5400 UFC/g están dentro del límite permisible que es 10000 UFC/g, mohos y levaduras en la bibliografía se indica que es lo que puede contener más este producto, el resultado obtenido es de menos 10 UFC/g al igual que coliformes totales lo cual marca que no hay un desarrollo de estos microorganismos y en cuanto a *Staphylococcus aureus*, *Salmonella spp*, *Escherichia Coli*, *Listeria monocytogenes*, *Vibrio cholerae* y *Vibrio parahaemolyticus* el resultado es totalmente negativo para su crecimiento, con esto podemos comprobar que la botana es inocua para el consumo humano.

Tabla 19: Resultados del análisis microbiológico

|                                |                     |                                |
|--------------------------------|---------------------|--------------------------------|
| Bacterias mesofílicas aerobias | 5400 UFC/g o mL     | NOM-092-SSA1-1994              |
| Coliformes totales en placa    | MENOS 10 UFC/g o mL | NOM-113-SSA1-1994              |
| NMP de coliformes fecales      | ----- NMP/g o mL    | NOM-210-SSA1-2014              |
| Mohos (hongos)                 | MENOS 10 UFC/g o mL | NOM-111-SSA1-1994              |
| Levaduras                      | MENOS 10 UFC/g o mL | NOM-111-SSA1-1994              |
| <i>Staphylococcus aureus</i>   | ----- UFC/g o mL    | NOM-210-SSA1-2014.             |
|                                | ----- UFC/g o mL    | NOM-243-SSA1-2010              |
| Enterotoxina estafilocócica:   | Ausencia            | Método Elisa NOM-243-SSA1-2010 |

---

|                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| <i>Salmonella spp</i>          | Ausencia<br>---en 25 g o mL de muestra                   | NOM-210-SSA1-2014<br>NOM-242-SSA1-2009  |
| <i>Escherichia Coli</i>        | MENOS 3,0 NMP/g o mL<br>----- NMP/g o NMP/100 g          | NOM-210-SSA1-2014.<br>Apéndice H Normativo<br>NOM-210-SSA1-2014<br>Apéndice I Normativo |
| <i>Listeria monocytogenes</i>  | -- en 25 g o mL de muestra<br>---en 25 g o mL de muestra | NOM-210-SSA1-2014.<br>NOM-243-SSA1-2010   |
| <i>Vibrio cholerae</i>         | -- en 50 g o mL de muestra<br>--en 500 g o mL de muestra | NOM-242-SSA1-2009<br>NOM-031-SSA1-1993  |
| <i>Vibrio parahaemolyticus</i> | ----- en 50 g de muestra                                 | Bacteriology Analytical<br>Manual, May 2004,<br>Cap. 9                                  |

---

## 6 CONCLUSIONES

- El fruto es rentable para usarlo como materia prima en la elaboración de la botana, ya que sí se aprovecha más la cantidad de pulpa que éste nos brinda en comparación a la cascara y la semilla.
- La elaboración de la botana es una buena alternativa para darle una mejor presentación al fruto, es una manera de llamar la atención de las personas para que lo consuman y se aprovechen los nutrimentos que nos brinda.
- El propósito principal de un análisis proximal es determinar en un alimento el contenido de humedad, grasa, proteína, fibra cruda, cenizas y carbohidratos, estos parámetros nos revelan el valor nutritivo del producto, los resultados obtenidos son favorables tanto en el fruto fresco como en la botana, ya que sus propiedades se mantienen y nos dan un buen aporte de estos nutrimentos a la dieta diaria.
- En el análisis sensorial de la botana la que tuvo un mayor grado de aceptación fue la botana a la cual se le agrego chile en polvo, ya que este mejoro su sabor, aun así, la diferencia no es tan significativa en comparación con la natural.
- En cuanto a los antioxidantes, el fruto y la botana tuvieron una mayor afinidad al cromógeno DPPH(1,1-difenil-2-Picrilhidrazilo) ya que tuvo un mayor porcentaje de inhibición y capacidad en comparación al cromógeno ABTS (ácido 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico), lo cual refleja que hay presencia de antioxidantes como polifenoles.

- La vida de anaquel de la botana es aproximadamente un año, lo que es importante ya que como se mencionó antes este fruto solo es de temporada, y de esta manera lograríamos consumirlo durante todo el año ya que los resultados reflejan que la calidad del producto se mantiene en buenas condiciones durante este periodo.
- En base a los resultados microbiológicos, la elaboración de la botana se hizo con la higiene adecuada por lo cual la botana es totalmente inocua para el consumo y no representa ningún riesgo a la salud.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu P. J., Obregón, W.D., Natalucci C.L. & Caffini, N.O. (2005) Reinvestigation of the proteolytically active components of *Bromelia pinguin* fruit. *Fitoterapia* 76:540-548
- Abreu P., Miranda M., Toledo C. y & O. Castillo G. (2001) Actividad farmacológica preliminar del fruto de *Bromelia pinguin* L. (piña de ratón). *Revista Cubana de Farmacia* 35:56-60.
- Acevedo, D., Tirado, D. & Guzmán, I. (2014) Deshidratación osmótica de pulpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.): Influencia de la temperatura y la concentración. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica* 17 (1): 123 – 130.
- Ahmed, I., Qazi, I., & Jamal, S., (2016) Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 34, 29-43. doi: 10.1016/j.ifset.2016.01.003
- Antolovich, M., Prenzler, P.D., Patsalides, E., McDonald, S., Robards, K. (2002) Methods for testing antioxidant activity. *Analyst*, v. 127, p. 183-198
- Arellano, J. J. (2002). *Las Bromeliaceae del Estado de Oaxaca: Riqueza florística y potencial ornamental*. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Tabasco.
- Badui, S. (2006). *Química de los alimentos* (4° edición) México D.F.: Pearson
- Briones, R. y Cortés M (2000). *Avances en los estudios científicos y tecnológicos de la hemisfericina: Una nueva proteinasa de interés industrial*. En: “contribuciones a la investigación regional en el estado de Morelos”. Ed: CRIM-UNAM.
- Cardona , F., Andres, C., Tulipani S , Tinahones F.J , Queipo, M.I.(2013) Beneficios de los polifenoles en la microbiota intestinal e implicaciones en la salud humana. *The Journal of Nutritional Biochemistry* 24 (8): 1415-1422 doi: 10.1016/j.jnutbio.2013.05.001

- Carrillo, M.L. & Reyes, A. (2013) Vida útil de los alimentos. Revista iberoamericana de las ciencias biológicas y agropecuarias 2(3): 32-56.
- Chan J. G., Pat. M. K. & Saragos, J., (2013) Conocimiento etnobotánico de las plantas utilizadas en Chanchah Veracruz, Quintana Roo, México. *Teoría y Praxis* 14:9-24.
- Cheesman K.H. & Slater TF., (1998) An introduction to free radical biochemistry. *Br Med Bull*; 49:481-93.
- Cortés M. I., Muñoz, J. L. & Briones, R., (2008) *Substrate specificity of a cationic peptidase from Bromelia hemisphaerica L.* *Natural Product Communications* 3:351-355.
- Dalton C.B., Gregory J., Kirk M.D., Stafford RJ, Givney R, Gould D. (2000) Foodborne disease outbreaks in Australia,2000. *Hunter Population Health, University of Newcastle, Wallsend, New South Wales.* 2004; 28 (2): 211-24.
- Devahastin, S., & Niamnuy C., (2010) Modelling quality changes of fruits and vegetables during drying: A review. *International Journal of Food Science & Technology* 45(9):1755 – 1767. doi: 10.1111/j.1365-2621.2010.02352.x
- Errasti, M. E., Caffini, N.O., Pelzer, L.E., Rotelli, A.E., (2013) Anti-inflammatory Activity of Bromelia hieronymi: Comparison with Bromelain *Rev. planta medica* 79 (03/04): 207-213 doi: 10.1055 / s-0032-1328201
- Escudero, E. & González, P., (2006) La fibra dietética. *Nutr. Hosp.* 2: 61-72
- Espejo-Serna, A. (2012). El endemismo en las Liliopsida Mexicanas. *Acta Botanica*. Consejo Nacional de la Flora de México, Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México 100 (2012): 195-257
- Espinoza, J., (2016) Innovación en el deshidratado solar, *Ingeniare Revista chilena de ingeniería*, 24 (2016): 72-80
- Fonseca M, Avina G. (2008.) Calidad Microbiológica de jugos preparados en hogares de bienestar familiar en la zona Norte de Cundinamarca. Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá.

- García A., Muñiz, S., Hernández, A., González, L.M. & Fernández, D. (2013) Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas comosus*, variedad cayena lisa). *Revista ciencias técnicas agropecuarias*, 22 (1): 62-69.
- Gronzka, Z., Kasprzykowski, F., & Wicks, W. (2007) Cysteine Proteases. En *Industrial Enzymes*. Ed. Springer, pp 181-195.
- Halvorsen, B.L., Blomhoff, R., (2011) Validation of a quantitative method for the total content of lipophilic and hydrophilic antioxidants in foods. *Food Chem.* 127:761-768 doi: 10.1016/j.foodchem.2010.12.142
- Haminiuk, C., Maciel, G., Plata, M., & Peralta, R., (2012) “Phenolic compounds in fruits - an overview,” *Int. J. Food Sci. Technol.*, 47(10), 2023–2044. doi:10.1111/j.1365-2621.2012.03067.x
- Harborne, J. B., Williams, C.A., (2000) Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 52:81-504. doi: 10.1016/s0031-9422(00)00235-1
- Johnson, G., & Harvey A. (2010), “Snacking Definitions: Impact on Interpretation of the Literature and Dietary Recommendations”, en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:9, 848-871. doi: 10.1080/10408390903572479
- Leistner, L. (2000). Basic aspects of food preservation by hurdle technology. *International Journal of Food Microbiology*. 55, 181-186.
- León, F., Rivas L., Cruz V., Castañeda, M., & Del Castillo L (1989) Enzymes of Mexican plants XVI. Separation of multiple molecular forms of hemisphaericin and palmerin. *Revista Latinoamericana de Química* 20:133-136.
- Lizárraga, C. E. & Hernández, C., (2018) Polifenoles de la cáscara de mango para la acuicultura *Rev.ciencia*, 69 (1): 1-6
- Lozada C. (2007) Diseño del plan de saneamiento básico como parte del programa de Buenas Prácticas de Manufactura en las cocinas de un hotel en Bogotá. Trabajo

de grado, Microbiología Industrial, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.

- Luther, H.E. (2012). *An Alphabetical list of Bromeliad Binomials*. 30th ed. Marie Selby.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C. & Jimenez, L.(2004) Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am. J. Clin. Nutr.* 79, 727-747
- Meza, L., García, M. L., Vivar, M.A., Sáyago, S., Chacón, A., Becerra, E., Rangel, M., & Montalvo, E., (2017) Aspectos etnobotánicos, nutricionales y actividad biológica de extractos de frutos del género bromelia, *Rev. Fitotec. Mex* 40 (4): 425-437
- Mondragón M. D., Ramírez, I. M., Flores, M., & García J. G., (2011) *La Familia Bromeliaceae en México*. (1ª edición) México D.F: Universidad Autónoma Chapingo.
- Montes C., Amador, m., Cuevas, d., & Cordoba, F., (1990) Subunit structure of karatacin, the proteinase isolated from *Bromelia plumieri* (karatas). *Agricultural and Biological Chemistry* 54:17-24.
- Mossel DAA., (2003) *Microbiología de los Alimentos*. Acribia, Zaragoza
- Munin, A, & Edwards-Lévy F. (2011). Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Revista pharmaceutics*, 3(4): 793–829. doi: 10.3390/pharmaceutics3040793
- NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. Foodstuff determination of crude fiber. Normas mexicanas. 7 de abril de 1961.
- NOM-031-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Moluscos bivalvos frescos-refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias. México, D.F., 6 de marzo de 1995
- NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. México, D.F., a 10 de noviembre de 1995
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. México, D.F., a 10 de mayo de 1995

- NOM-113-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. México, D.F., a 10 de mayo de 1995.
- NOM-210-SSA1-2014 Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. México, D.F., 26 de junio de 2015
- NOM-243-SSA1-2010., Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. México, D.F., 27 de septiembre de 2010
- Ornung, C. Avances sobre usos etnobotánicos de las Bromeliaceae en Latinoamérica. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*.10 (4): 297-314
- Ozgen, M., Reese, R.N., Tulio, A.Z., Scheerens, J.C., Miller, A.R., (2006) Modified 2,2-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) method to measures antioxidant capacity of selected small fruits and comparison to ferric reducing antioxidant power (FRAP) and 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) methods. *J Agric Food Chem*. 54:1151-1157.
- Payrol, J., 1\*, Mosquera, D.M., Meneses A., De la Cruz M.E., Banze, F., 3, Martínez, M. M. & Lopez, O. (2005) Determinación de Parámetros Farmacognósticos y Bromatológicos y Evaluación de la Actividad Antiparasitaria de una Preparación obtenida del Fruto de Bromelia pinguin L. que crece en Cuba. *Acta Farm. Bonaerense* 24 (3): 377-82
- Pitt J.L., Hocking A. D., (1997) *Fungi and Food Spoilage*. 2ª ed. Blackie Academic & Professional. London, 21:509
- Rodríguez, V. (2004). Estimación de la vida útil de la harina de pejibaye, obtenida por deshidratación. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Sánchez, J. A y Pérez, J.A. 2016. Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria* 7 (3): 215 – 222

- Sánchez-Moreno, C. (2002) Compuestos polifenólicos: efectos fisiológicos. Actividad antioxidante. Alimentaria. ene-feb, p. 29-40
- Yogendra, M. S., Tirpude, R. J., Maheshwari, D.T., Bansal, A., & Misra, K., (2013) “Antioxidant and antimicrobial properties of phenolic rich fraction of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) leaves in vitro.,” Food Chem., 141(4):443–50
- Zhang, H., & Tsao, R (2016) Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. Current Opinion in Food Science. 8:33-42. doi: 10.1016/j.cofs.2016.02.002

# ANEXO 1: CUESTIONARIO UTILIZADO EN LA EVALUACION SENSORIAL

HAY 3 MUESTRAS A SER EVALUADAS POR USTED, PRUEBE CADA UNA DE LAS MUESTRAS CODIFICADAS CON LA SECUENCIA PRESENTADA.

## Y0906

|         | MALA | REGULAR | BUENA | MUY BUENA |
|---------|------|---------|-------|-----------|
| COLOR   |      |         |       |           |
| OLOR    |      |         |       |           |
| SABOR   |      |         |       |           |
| TEXTURA |      |         |       |           |

## Y7379

|         | MALA | REGULAR | BUENA | MUY BUENA |
|---------|------|---------|-------|-----------|
| COLOR   |      |         |       |           |
| OLOR    |      |         |       |           |
| SABOR   |      |         |       |           |
| TEXTURA |      |         |       |           |

## Y3101

|         | MALA | REGULAR | BUENA | MUY BUENA |
|---------|------|---------|-------|-----------|
| COLOR   |      |         |       |           |
| OLOR    |      |         |       |           |
| SABOR   |      |         |       |           |
| TEXTURA |      |         |       |           |

COMENTARIOS:

---

---

¡GRACIAS!

# ANEXO 2: RESULTADOS DEL ANALISIS MICROBIOLÓGICO.



**SECRETARÍA DE SALUD DE MICHOACÁN  
LABORATORIO ESTATAL DE SALUD PÚBLICA  
FCTS 009-1 INFORME DE RESULTADOS PARA ALIMENTOS**

CLAVE DEL LABORATORIO AL-28

|                                |   |                                 |                              |
|--------------------------------|---|---------------------------------|------------------------------|
| PRODUCTO                       | TIMBIRICHE DESHIDRATADO                       | MARCA                           | _____                        |
| No. DE LOTE                    | _____   | CARACTERÍSTICAS                 | FRUTO DESHIDRATADO CON CHILE |
| No. DE ACTA                    | _____   |                                 |                              |
| CANTIDAD POR UNIDAD (g o mL)   | 42.7 g  | TEMPERATURA                     | 21 °C                        |
| NOMBRE DEL ESTABLECIMIENTO     | FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA           |                                 |                              |
| PROPIETARIO                    | YARA ISELA RODRÍGUEZ CARRANZA                 |                                 |                              |
| DOMICILIO                      | TZINTZUNTZAN 173 MATAMOROS 58240              |                                 |                              |
| LOCALIDAD                      | MORELIA                                       | MUNICIPIO                       | MORELIA                      |
| ESTADO                         | MICHOACÁN                                     |                                 |                              |
| PUNTO DE MUESTREO              | FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA (ANAQUEL) |                                 |                              |
| HORA DE TOMA                   | 12:00   | FECHA DE TOMA                   | 2018-02-07                   |
| HORA DE ENTREGA AL LABORATORIO | 12:25   | FECHA DE ENTREGA AL LABORATORIO | 2018-02-07                   |
| FECHA DE ANÁLISIS              | 2018-02-07                                    | FECHA DE ELABORACIÓN DE INFORME | 2018-02-13                   |
| MUESTRA REMITIDA POR           | PARTICULAR                                    |                                 |                              |

| DETERMINACIONES DEL ENSAYO MICROBIOLÓGICO   |           |  |
|---|-----------|--|
| <b>BACTERIAS MESOFÍLICAS AEROBIAS</b><br>NORM-097-SSA1-1994<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017   | 3.000     | 100% o mL, de hecho se aceptable en placa en agua oxalica oxidada, incubadas en 35°C |
| <b>COLIFORMES TOTALES EN PLACA</b><br>NORM-113-SSA1-1994 TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017   | MENOS 10  | 07% o mL, en placa de agua oxalica oxidada, incubadas a 35°C durante 24 a 28h        |
| <b>NMP DE COLIFORMES FECALIS</b><br>NORM-210-SSA1-2014, Apéndice H Normativo<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017  | _____     | NMP/g o mL   |
| <b>HECHOS HONGOS</b><br>NORM-114-SSA1-1994 TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017   | MENOS 10  | 100% o mL, de hecho en agar papa de papa, incubadas a 25 a 27°C durante 5 días       |
| <b>LEVADURAS</b><br>NORM-111-SSA1-1994 TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017   | MENOS 10  | 100% o mL, de hecho en agar papa de papa, incubadas a 25 a 27°C durante 5 días       |
| <b>Streptococcus faecalis</b><br>NORM-211-SSA1-2014, Apéndice B Normativo Matriz de alimentos<br>NORM-243-SSA1-2010, Matriz de lácteos<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017            | _____     | UFC/g o mL   |
| <b>Enterococcus faecalis</b><br>Método en Placa NORM-243-SSA1-2010<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017  | _____     | UFC/g o mL   |
| <b>Salmonella</b><br>NORM-210-SSA1-2014, Apéndice A Normativo Matriz de alimentos<br>NORM-242-SSA1-2009 Apéndice Normativo B Producto de la pesca<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017 | AUSENCIA  | en 25 g o mL de muestra<br>en 25 g o mL de muestra                                   |
| <b>Escherichia coli</b><br>NORM-210-SSA1-2014, Apéndice B Normativo<br>NORM-210-SSA1-2014, Apéndice F Normativo<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017                                   | MENOS 3.0 | NMP/g o mL<br>NMP/g o mL   |
| <b>Listeria monocitogenes</b><br>NORM-210-SSA1-2014, Apéndice C Normativo Matriz de alimentos<br>NORM-241-SSA1-2010 Matriz de lácteos<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017             | _____     | en 25 g o mL de muestra<br>en 25 g o mL de muestra                                   |
| <b>Vibrio cholerae</b> No O1 y O139<br>NORM-242-SSA1-2009 Apéndice B Normativo<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017  | _____     | en 50 g de muestra<br>en 100 mL de muestra   |
| <b>Ehrlichia parvorum</b><br>Bacteriophage Analytical Manual, May 2004, Cap 9<br>TA-65-15 Vigencia del 12 de noviembre de 2015 al 12 de noviembre de 2017   | _____     | en 50 g de muestra   |

|               |       |
|---------------|-------|
| OBSERVACIONES | _____ |
|---------------|-------|

NOMBRE Y FIRMA DEL QUÍMICO ANALISTA  
  
 M. en C. CARLOS ALBERTO GALICIA SILVA

NOMBRE Y FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO  
  
 M. en C. MA. CARMEN SERNA ESCUTIA

V. B. COORDINADOR DE PROTECCIÓN CONTRA RIESGOS SANITARIOS  
  
 Q.F.B. RAMIRO YÁÑEZ GONZÁLEZ



ESTE INFORME NO PODRÁ SER REPRODUCIDO PARCIAL NI TOTALMENTE SIN LA PREVA AUTORIZACIÓN DEL L.E.S.P. ESTE RESULTADO SE REFIERE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA RECIBIDA