



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA,  
FISICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE PIÑA  
DESHIDRATADA MEDIANTE ENERGÍA  
GEOTÉRMICA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**QUÍMICO DE ALIMENTOS**

**P R E S E N T A:**

**DANIEL ALEXIS GÓMEZ RANGEL**



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX.

2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** ARTURO NAVARRO OCAÑA

**VOCAL:** PATRICIA SEVERIANO PEREZ

**SECRETARIO:** SANDRA TERESITA RIOS DIAZ

**1ER. SUPLENTE:** ANA KARINA ELIAS PATIÑO

**2DO. SUPLENTE:** ISADORA MARTINEZ ARELLANO

**SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:** Departamento de Alimentos y Biotecnología. Anexos del laboratorio 4D y 4C, 4to. Piso del edificio A, Facultad de Química, UNAM, CDMX

Este trabajo forma parte del proyecto 9120 Prodetes 2019 DGA600 en colaboración con IIUNAM-PI INGENERA.

La presente Tesis fue apoyada a través de la cátedra: Q. Ernestina Cervera Flores otorgada por El Colegio de Profesores y la Sección 024 de APPAUNAM (Abril a Septiembre de 2019), de la Facultad de Química, UNAM.

**Asesor**

Dra. Patricia Severiano Pérez \_\_\_\_\_

**Sustentante**

Daniel Alexis Gómez Rangel \_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS:**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante dentro de mi formación profesional.

A mi mamá Hilda, por estar ahí en todo momento, por demostrarme siempre su amor, paciencia, apoyo incondicional, sus consejos, sus mensajes, llamadas y por siempre creer en mí. Gracias mamá por ser como eres te amo.

A mi papá Luis por su amor, apoyo y aunque el trabajo no permitía estar juntos en muchas ocasiones, siempre me dabas ánimo para ser mejor persona y ser un ejemplo de trabajo y dedicación. Por enseñarme cosas que serán útiles en mi vida.

A mi hermana Lucero y mi sobrino Dylan que siempre me sacaban una sonrisa en los momentos difíciles, por enseñarme cosas nuevas y que se sintieron orgullosos de mí.

A mi novia Lulú que siempre me motivo a ser mejor cada día y nunca rendirme en los momentos más difíciles, por siempre estar conmigo en las buenas y en las malas, por escucharme en todo momento y por darme siempre palabras de aliento para seguir siempre adelante.

A mis abuelos que siempre me inculcaron buenos valores, por ser un ejemplo a seguir, a luchar por lo que uno quiere, por sus oraciones, consejos, palabras y que de alguna u otra forma me ayudaron a cumplir esta meta no sé qué hubiera hecho sin su apoyo.

A toda mi familia porque con sus deseos, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y poder lograr esta meta que anhele en todo momento.

A las personas que ya no están y que me apoyaron, siempre las llevare en mi memoria y en mi corazón.

A la maestra Olga por su disposición y apoyo durante todo el proyecto, por proporcionarnos todo lo necesario para realizar las pruebas, por sus consejos y su profesionalismo también a su gran equipo de trabajo (Roció, Diego y Lore) que siempre me ayudaron en todo lo relacionado a la microbiología.

Para la Dra. Patty que me dio la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo, desde el servicio social hasta terminar la tesis, por ayudarme, enseñarme, asesorarme y confiar en mí desde el primer momento que entre a su Laboratorio. Por todos los cursos que tome gracias a ella y que dejaron en mí un aprendizaje nuevo.

A mi numeroso grupo de compañeros del Laboratorio que durante poco más de un año pude convivir con ustedes (Héctor, Daniel, David, Yoa, Pao, Nat, Fer Trejo, Fer Rodríguez, Joe, Mary, Caro, Giselle, Paola, Edgar, Denisse, Brenda, Daniela, Paulina, Nathaly, Sofia e Ismael) gracias por sus consejos, chistes, bromas y apoyo sin su ayuda todo hubiera sido muy pesado. Me llevo muchas cosas buenas de ustedes y deseo que aprendan mucho dentro del laboratorio, aprovéchenlo al máximo y espero podernos encontrar algún día como colegas.

Para el panel que fueron una pieza fundamental en este proyecto y que sin ustedes esto no hubiera sido posible, gracias por su tiempo y dedicación en todas las pruebas.

Muchas gracias a todos.

## INDICE

<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	7
<b>2.OBJETIVO GENERAL</b> .....	8
<b>3. OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> .....	8
<b>4. HIPÓTESIS</b> .....	9
<b>5. MARCO TEÒRICO</b> .....	10
<b>5.1 Alimentación en el mundo y en México</b> .....	10
<b>5.2 Deshidratación de alimentos</b> .....	11
<b>5.3 Métodos de deshidratación</b> .....	12
<b>5.3.1 Deshidratación Solar</b> .....	12
<b>5.3.2 Deshidratado con Aire Caliente Forzado</b> .....	13
<b>5.3.3 Deshidratación Osmótica</b> .....	14
<b>5.3.4 Deshidratado con Microondas</b> .....	15
<b>5.3.5 Deshidratado por Liofilización</b> .....	15
<b>5.3.6 Deshidratador de charola rotatoria.</b> .....	16
<b>5.3.7 Deshidratador por atomización.</b> .....	16
<b>5.3.8 Deshidratador de lecho fluidizado</b> .....	17
<b>5.3.9 Deshidratadores de tambor.</b> .....	17
<b>5.4 Energía geotérmica en México</b> .....	17
<b>5.5 Deshidratación geotérmica de alimentos</b> .....	20
<b>5.6 Piña (Ananas comosus L.)</b> .....	23
<b>5.6.1 Origen</b> .....	24
<b>5.6.2 Plantación</b> .....	25
<b>5.6.3 Condiciones edáficas y clima</b> .....	25
<b>5.6.4 Producción de piña</b> .....	26
<b>5.6.5 Usos</b> .....	31
<b>5.6.6 Propiedades nutricionales</b> .....	33
<b>5.7 Microorganismos asociados a las frutas</b> .....	33
<b>5.8 Normas para frutas deshidratadas</b> .....	37
<b>5.9 Evaluación sensorial</b> .....	40
<b>5.9.1 Perfil sensorial</b> .....	41
<b>5.9.2 Perfiles rápidos</b> .....	41

5.9.3 Perfil flash .....	41
5.9.4 Pruebas afectivas .....	43
5.10 Análisis Instrumental.....	43
5.10.1 Textura (punción) .....	43
5.10.2 Color .....	44
6. JUSTIFICACIÓN.....	45
7. MATERIAL Y METODOLOGIA.....	46
7.1 Muestras.....	47
7.2 Análisis microbiológico .....	49
7.3 Presentación de las muestras para la evaluación sensorial.....	50
7.3.1 Grupo de jueces.....	51
7.3.2 Evaluación de Perfil Flash .....	51
7.3.3 Evaluación pruebas discriminativas: triangulares.....	52
7.4 Análisis instrumental.....	55
7.4.1 Color .....	55
7.4.2 Textura (punción) .....	55
7.5 Pruebas afectivas .....	56
7.6 Análisis Estadístico .....	58
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	60
8.1 Generación de atributos .....	60
8.2 Generación de Perfil Flash.....	61
8.3 Análisis microbiológico .....	65
8.4 Pruebas discriminativas (triangulares).....	68
8.5. Análisis Físicoquímico.....	70
8.5.1 Humedad.....	70
8.5.2 pH .....	72
8.5.3 °Brix .....	73
8.5.4 Otras determinaciones físicoquímicas.....	74
8.6 Análisis Instrumental de textura y color .....	76
8.7 Determinación de la vida de anaquel .....	78
8.8 Pruebas afectivas .....	79
9. CONCLUSIONES .....	86
10. RECOMENDACIONES.....	88

<b>11. BIBLIOGRAFIA</b> .....	89
<b>12. ANEXOS</b> .....	101

## 1.INTRODUCCIÓN

Las investigaciones que analizan los cambios en el patrón de cultivos en México enfatizan el crecimiento de la producción de frutas y hortalizas en detrimento de granos y oleaginosas, principalmente **(Macías, 2009; Ruiz-Funes, 2005; De Ita, 2003; Martínez, 2002; Gómez, 1994)**

El cambio en la demanda del mercado generó una sustitución de productos que resultó en un nuevo patrón de cultivos y en una relocalización de la producción. El consumidor se inclina por la adquisición de productos de fácil preparación, como las hortalizas congeladas, por fuentes de energía bajas en grasas y ricas en fibra proporcionados por los vegetales frescos y procesados, y prefiere alimentos naturales, sin conservadores y producidos de manera menos ofensiva para el medio ambiente **(Cruz et al., 2013)**.

Diversos autores han analizado la competitividad de las exportaciones hortofrutícolas de México en el mercado de Estados Unidos **(Macías, 2010; Málaga y Gary, 2010; Avendaño, 2008; Calva et al., 1992)**.

La mayoría menciona que, a pesar de que México sigue siendo el mayor proveedor de frutas y hortalizas frescas de Estados Unidos, el país está perdiendo competitividad en ese mercado y ha sido desplazado por otros países, y es importante mantener estos productos libres de contaminantes que afectan la inocuidad alimentaria **(Trigos et al., 2008)**.

Esencialmente la vida de anaquel de un alimento, se define como el tiempo en el cual éste conservará sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales. La vida útil abarca varias facetas del valor nutritivo incluyendo seguridad, valor alimenticio y características sensoriales. Algunos de los factores fundamentales que influyen en la vida de anaquel de un alimento son: Formulación, Procesamiento, Empaque Condiciones de Almacenamiento **(Chica y Osorio 2003)**.

Debido a la diversidad de climas que existen en la República Mexicana, las condiciones de transporte y atmosféricas en las que se mantiene un producto son cruciales para la determinación de la Vida de Anaquel; esto aunado al envasado del producto, ya que este implica que existen riesgos por el tamaño con relación a la capacidad cúbica o volumen,

resistencia mecánica, transmisión de gases y humedad, y compatibilidad con el alimento por el posible riesgo de toxicidad **(Reyes, 2010)**.

La determinación de la vida de anaquel no solo se debe hacer por cumplir con la ley o informar al consumidor, existen otras razones para llevar a cabo estos estudios, como que el propio productor conozca los cambios que ocurren en sus productos a través del tiempo, así como los factores que producen estos cambios. Esta información les sirve como base en la toma de decisiones respecto del tipo de empaque, los cuidados durante la distribución, el proceso que se debe realizar de acuerdo con el mercado que quiere alcanzar, etc. Con esta información, desde la etapa del diseño se puede visualizar el tiempo mínimo de vida de anaquel que necesita, ya que los costos de reposición del producto en el punto de venta o el rechazo del consumidor por los cambios percibidos sensorialmente en el producto, son extremadamente altos, incluso estos cambios pueden ser aprovechados por la competencia para mostrar las debilidades del producto **(Reyes, 2010)**.

La hipótesis del presente trabajo es que con el proceso de deshidratación de la piña en un deshidratador a base de energía geotérmica permitirá que la piña tenga una calidad microbiológica, fisicoquímica y sensorial, que se conservarán en un empaque en bolsas de celofán lo que alargará su vida de anaquel a un período mayor a seis meses que es el tiempo actual de las frutas deshidratadas.

## **2.OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la calidad microbiológica, fisicoquímica, color, textura y sensorial de la piña (*Ananas comosus L.*) del estado de Nayarit deshidratada con un deshidratador geotérmico de alimentos DGA200 a lo largo del tiempo almacenadas en celofán. Para evaluar si este material de empaque permite conservar las características de las muestras.

## **3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar la calidad microbiológica de la piña (*Ananas comosus L.*) deshidratada con un deshidratador geotérmico DGA200.

- Elaborar un perfil sensorial de los diversos lotes de piña (*Ananas comosus* L.) deshidratados con energía geotérmica.
- Realizar un análisis instrumental (color y textura) de los diversos lotes de piña (*Ananas comosus* L.) deshidratados con energía geotérmica.
- Realizar pruebas afectivas de piñas deshidratadas para conocer el nivel de agrado general de los lotes deshidratados con el deshidratador geotérmico DGA200.

#### **4. HIPÓTESIS**

1. El proceso de deshidratación de la piña en un deshidratador a base de energía geotérmica permitirá que la piña tenga una calidad microbiológica dentro de los límites permitidos por las normas o estándares internos, conserve su sabor e incremente su olor, mismos que se conservaran en un empaque en bolsas de celofán.
2. La piña deshidratada en el deshidratador de energía geotérmica será más agradable para los consumidores que las piñas deshidratadas comerciales debido a que sus propiedades sensoriales se conservaran por las temperaturas con las que se trabaja.

## **5. MARCO TEÒRICO**

### **5.1 Alimentación en el mundo y en México**

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada. Otro aspecto que merece destacarse es la tendencia hacia la simplificación en la tarea de preparar la comida diaria. La creciente oferta de frutas y hortalizas industrializadas y otros alimentos preparados es en parte responsable de este acortamiento del tiempo dedicado a la cocina **(FAO, 2003)**.

Según la FAO en su informe “Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y El Caribe” del 2018 México es uno de los siete países de América Latina y El Caribe que producen más frutas y verduras que las que son necesarias para alimentar adecuadamente a su población. Cuenta con un 50 % más para cubrir requerimientos mínimos (367,6 g/cápita/año) de frutas y verduras ya que se producen 553 g/cápita/año. Sin embargo, cuando se mide la disponibilidad (producción doméstica, más importaciones, menos exportaciones, más las variaciones de las existencias) de dichos alimentos para su población México queda en una posición deficitaria. **(FAO, OPS, WFP y UNICEF, 2018)**.

El bajo consumo de frutas y verduras es un factor de riesgo para las enfermedades no transmisibles **(GBD 2015 Risk Factors Collaborators, 2016; OMS y FAO, 2003)**. La recomendación de la OMS es consumir un mínimo de 400 gramos de frutas y verduras al día.

En México se desperdicia aproximadamente el 37% de los alimentos que se producen: 10, 431,000 toneladas de alimento al año **(SEDESOL,2019)**.

Las frutas y verduras, por los malos protocolos de control y transporte, tienden a desperdiciarse, ya que el tiempo de vida útil de dichas frutas y verduras es corto, y las cosechas de los agricultores deben exportarse lo antes posible para ser consumidas antes de echarse a perder, lo cual supone una presión para el agricultor, por lo que en muchas ocasiones los transportistas y medios comerciales de estos, se aprovechan de

su condición, pagando un costo mucho menor por la producción agrícola, haciendo así al campo una actividad muy poco redituable para los campesinos **(Garduño,2018)**.

Estas pérdidas no solo afectan al productor sino también a los consumidores ya sea en escases o en el aumento al costo de los alimentos.

## **5.2 Deshidratación de alimentos**

La deshidratación es una de las técnicas más ampliamente utilizada para la conservación de alimentos. El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados es una práctica usada desde la antigüedad por nuestros antepasados quienes debían conservar los alimentos para las estaciones del año de menos abundancia, proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia de alimentos.

La deshidratación es una de las técnicas más ampliamente utilizada para la conservación de alimentos. El secado al sol de frutas, granos, vegetales, carnes y pescados es una práctica usada desde la antigüedad por nuestros antepasados quienes debían conservar los alimentos para las estaciones del año de menos abundancia ,proporcionando al hombre una posibilidad de subsistencia en épocas de carencia de alimentos **(Vega et al., 2009)**.

La deshidratación permite preservar alimentos altamente perecederos, especialmente frutas y hortalizas, cuyo contenido de agua es típicamente superior al 90%. El objetivo principal de esta tecnología es reducir el contenido de humedad de los alimentos, lo cual disminuye su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos para desarrollarse sobre el alimento **(Muratore et al., 2008)**.

La deshidratación permite reducir la actividad acuosa del fruto, reduciendo la susceptibilidad al deterioro, pero induciendo una serie de cambios físicos, químicos y de bioactividad que afectan su aceptabilidad por el consumidor final. La magnitud de estos cambios depende de las condiciones de deshidratación **(Ochoa et al., 2013)**

La eficiencia del transporte de humedad desde el alimento está determinada por la resistencia interna del tejido al movimiento del agua y una resistencia externa, que se presenta entre la superficie sólida y el fluido deshidratante, el cual en la mayoría de los casos es aire. Las principales variables que modulan la velocidad del movimiento del agua en el alimento son el tiempo y la temperatura. Conforme se incrementa la

temperatura, la deshidratación se acelera, pero los atributos cualitativos iniciales del alimento cambiarán drásticamente **(Muratore et al., 2008)**.

El uso de altas temperaturas de deshidratación daña la apariencia del fruto (pardeamiento), reduce el contenido de nutrientes e induce un sabor dulce a consecuencia de la caramelización de los azúcares **(Zanoni et al., 1998; Muratore et al., 2008)**.

Altos niveles de 5-hidroximetilfurfural, un indicador de la degradación de azúcares, son comunes en tomates deshidratados a altas temperaturas **(Muratore et al., 2008)**.

En general, la disminución de la temperatura de deshidratación alargará el tiempo de este proceso y los productos obtenidos tendrán mejores atributos nutricionales, color, aroma, sabor y textura **(Rajkumar et al., 2007)**.

Las temperaturas de secado inferiores a 65 °C permiten preservar el color y sabor del fruto. A estas temperaturas también se preservan mejor los compuestos, tales como polifenoles, flavonoides, licopeno,  $\beta$ -caroteno y ácido ascórbico **(Toor et al., 2006)**, los cuales confieren al jitomate una alta actividad antioxidante y un efecto contra varias formas de cáncer y enfermedades cardiovasculares **(Shi et al., 1999)**.

Además de la temperatura y el tiempo de deshidratado, el incremento en la superficie de contacto del alimento con el fluido deshidratante también incrementa la velocidad de movimiento del agua desde el alimento hacia el exterior del mismo. Esto se logran rebanando y perforando el fruto **(Rajkumar et al., 2007)**.

Los alimentos deshidratados mantienen gran proporción de su valor nutritivo original si el proceso se realiza por un método adecuado.

### **5.3 Métodos de deshidratación**

#### **5.3.1 Deshidratación Solar**

La deshidratación por exposición al sol es ampliamente practicada en los trópicos y subtrópicos. La variante más común y económica de este método consiste en colocar el alimento sobre la tierra (acondicionada o alfombrada) o piso de concreto, quedando expuesto directamente al sol. La desventaja de esta variante radica en la vulnerabilidad del alimento a la contaminación por polvo, infestación por insectos y hongos productores

de aflatoxinas, pérdidas por animales y baja calidad de los productos obtenidos **(Ochoa et al., 2013)**.

El proceso de deshidratación mediante la exposición directa al sol puede requerir de 106 a 120 h **(Sacilik et al., 2006)**.

Otra variante del secado solar consiste en emplear deshidratadores solares tipo túnel, donde el alimento queda protegido del ambiente durante la deshidratación. La temperatura típica que suele alcanzarse en estos túneles oscila entre los 60 y 80 °C, llegando a alcanzar en algunos casos excepcionales hasta 140 °C. Los flujos de calor típicos para estos secadores varían de 202.3 a 767.4 W/m<sup>2</sup>. El deshidratado (11.5 % de humedad) de rebanadas de tomate mediante túneles solares suele tardar de 82 a 96 h **(Sacilik et al., 2006)**.

Las ventajas de la deshidratación solar radican en los bajos costos de operación y en ser ecológicos, puesto que generalmente no utilizan energía eléctrica o derivada de combustibles fósiles **(Bala ,2004)**.

### **5.3.2 Deshidratado con Aire Caliente Forzado**

El deshidratado con aire caliente forzado es el método más común para secar productos alimenticios **(Doymaz, 2007)**.

En este método, el aire caliente remueve el agua en estado libre de la superficie de los productos **(Ochoa et al., 2013)**

El incremento en la velocidad del aire y la turbulencia generada alrededor del alimento provoca una reducción de la tensión en la capa de difusión, causando una deshidratación eficiente **(Cárcel et al., 2007)**. La deshidratación mediante este método depende de la velocidad y temperatura del aire empleado **(Mulet et al., 1999)**.

Doymaz (2007) encontró que al incrementar la temperatura del aire forzado de 55 a 70 °C el tiempo de deshidratación disminuía de 35,5 a 24 horas, respectivamente. La disminución de la velocidad del aire caliente (60 °C) de 1.5 a 0,13 m/s incrementó el tiempo de deshidratación de 28 a 65 h **(Tsamo et al., 2006; Doymaz 2007)**.

En general, en este método de deshidratación es común el uso de altas temperaturas, lo cual representa su principal desventaja **(Sharma y Prasad, 2001)**, puesto que causa

cambios drásticos en el sabor, color, contenido de nutrientes, componentes aromáticos, densidad, capacidad de absorción de agua y concentración de solutos **(Maskan, 2001)**. Tiempos y temperaturas elevadas de deshidratación también causan la formación de aromas indeseables y la reacción de Maillard.

El flujo del aire caliente puede ser a contracorriente o en paralelo. Generalmente la deshidratación con aire caliente a contracorriente es más eficiente que la que se logra con el flujo de aire en paralelo.

### **5.3.3 Deshidratación Osmótica**

La deshidratación osmótica consiste en colocar el producto en contacto con una solución de azúcar y/o sal, a la cual se le denomina solución osmótica.

Durante la deshidratación osmótica disminuye continuamente el contenido de agua en el fruto mientras el agente osmótico penetra en él **(Huu-Thauan et al., 2009)**.

La deshidratación osmótica tiene la ventaja de mantener de mejor manera las características sensoriales (color, textura, sabor y aroma) y nutricionales (vitaminas, minerales y compuestos protectores) de los frutos, lo cual no se logra con la deshidratación térmica **(Jiokap et al., 2001)**. La deshidratación osmótica también permite reducir los costos de producción, empaque y distribución, debido a la aplicación de temperaturas relativamente bajas y la reducción del peso del producto al reducir el contenido del agua **(ElAouar et al., 2006)**.

El azúcar tiene un menor poder osmótico que otros agentes osmóticos. En el 2006 compararon la deshidratación de rodajas de tomate mediante soluciones saturadas de sal, azúcar y sal-azúcar por 20 h, encontrando que los tomates tratados con sal-azúcar presentaron el menor contenido de humedad, seguido por lo que se trataron con sal y azúcar, respectivamente. Por otra parte, dos medios osmóticos (40% de sacarosa + 5% de NaCl y 40% de sacarosa + 10% de NaCl) presentaron un mayor poder deshidratante que la sacarosa por sí sola. Se ha hipotetizado que la sacarosa forma una capa que reduce el intercambio de materiales entre el tomate y la solución osmótica, haciendo más lento el proceso de deshidratación **(Ochoa et al., 2013)**.

La reducción de agua que típicamente se alcanza mediante la deshidratación osmótica varía del 30 al 60 % **(Raoult-Wack, 1994)**.

Es importante indicar que el intercambio de materiales entre la solución osmótica y algunos frutos causan el encogimiento y deformación del tejido.

#### **5.3.4 Deshidratado con Microondas**

Las microondas causan la polarización de moléculas y una movilidad intensa de sus electrones, debido a la conversión de energía electromagnética en energía cinética. A causa de este movimiento, los electrones chocan entre sí, generando calor como resultado de la fricción **(Alibas et al., 2007)**.

La aplicación de microondas genera un calentamiento interno y una presión de vapor dentro del producto que suavemente “bombea” la humedad hacia la superficie, reduciendo la resistencia interna del alimento al movimiento de agua y causando su deshidratación **(Turner y Jolly, 1991)**.

La alta presión de vapor de agua que se genera en el interior del alimento expuesto a microondas puede inducir la formación de poros en el producto, lo cual facilita el proceso de secado **(Feng et al., 2001)**.

Este método de deshidratación previene la disminución de la calidad y asegura una distribución rápida y eficiente del calor en el alimento **(Díaz-Maroto et al., 2003)**.

Con este método el tiempo de secado se reduce significativamente y se obtienen grandes ahorros de energía **(Feng, 2002)**. La potencia de salida del microondas desempeña un papel fundamental en la deshidratación del tomate. Al aumentar la potencia se disminuye el tiempo de secado **(Heredia et al., 2007)**.

#### **5.3.5 Deshidratado por Liofilización**

Es un proceso industrial empleado para asegurar la estabilidad a largo plazo y para preservar las propiedades originales de los productos farmacéuticos y biológicos. Este proceso se aplicó recientemente para mejorar la estabilidad a largo plazo de las nanopartículas **(Abdelwahed et al., 2006)**.

El liofilizado requiere la eliminación de agua de más de 99 % de una solución diluida inicialmente. La concentración de soluto total aumenta rápidamente y es una función de la temperatura solamente, es por lo tanto independiente de la concentración de la solución inicial. El estado sólido del agua durante la liofilización protege la estructura primaria y la forma de los productos con una reducción mínima de volumen. Los

compuestos volátiles, sales o electrolitos, si no forman una clase especial de excipientes, sales, acetato o bicarbonato, se eliminan fácilmente durante la etapa de sublimación del hielo y por lo tanto no permanecen en el producto deshidratado **(Franks, 1998)**.

Pikal et al. (1984) mencionaron que los materiales para ser liofilizados son agrupados en dos clases: sólidos con un alto contenido de agua, como pueden ser productos alimenticios, generalmente se colocan en bandejas dentro del liofilizador, o soluciones homogéneas como péptidos o fármacos convencionales. Estados intermedios comprenden dispersiones como liposomas o células individuales (microorganismos, levaduras).

A pesar de las muchas ventajas, el secado por congelación siempre ha sido reconocido como el proceso más costoso para la fabricación de un producto deshidratado.

El proceso de liofilización consta de tres etapas: (I) Congelación previa, se separa el agua de los componentes hidratados del producto, por la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas. (II) Sublimación de estos cristales que elimina el agua del seno del producto trabajando a presión y temperatura por debajo del punto triple y aportando el calor latente de sublimación. Esta etapa tiene lugar en el liofilizador. (III) Evaporación o desorción del agua que queda aún adsorbida en el interior del producto. Es decir una vez sublimado todo el hielo, también queda cierta agua retenida en el alimento (agua enlazada) para ello se aumenta la temperatura del liofilizador manteniendo el vacío lo cual favorece su evaporación

### **5.3.6 Deshidratador de charola rotatoria.**

Estos tipos de deshidratadores están elaborados con paredes de acero inoxidable en su interior, aluminio en el exterior, abastecido de bandejas o charolas en su interior con una ligera inclinación, las cuales giran lentamente (5-20 rpm) generando que el producto se mueva a través de la charola, entre las cuales fluye una corriente de aire caliente que circula a diferentes velocidades, ya sea en la misma dirección o en dirección opuesta al flujo del producto **(Kiranoudis et al., 1997)**.

### **5.3.7 Deshidratador por atomización.**

Consta de una cámara vertical cilíndrica o cónica, en la que se pulverizan líquidos o suspensiones. El aire caliente se mueve a través de la cámara de evaporación del agua;

la tasa de flujo de aire comprimido se controla mediante un medidor de flujo de área variable. Se utiliza un ciclón para separar los sólidos que típicamente contienen una humedad inferior al 5 % **(Ochoa et al., 2013)**.

#### **5.3.8 Deshidratador de lecho fluidizado.**

Combina una placa perforada con tasas de flujo de aire de tal manera que las partículas sólidas quedan suspendidas sobre la placa. Estos secadores pueden funcionar por lotes o en modo de flujo continuo **(Ochoa et al., 2013)**.

#### **5.3.9 Deshidratadores de tambor.**

En este método se utiliza calentamiento por conducción. El material húmedo se deja caer sobre uno o más tambores calentados. El agua se evapora y el material deshidratado se retira con el apoyo de un cuchillo o espátula. Esto puede hacerse en una cámara de vacío **(Singh y Heldman, 2001)**.

### **5.4 Energía geotérmica en México**

La energía geotérmica es un recurso renovable que se obtiene del calor interno de la tierra. En el planeta hay lugares específicos en donde se encuentran zonas con alta actividad volcánica (principalmente en donde se juntan las placas tectónicas); estas zonas son las mejores para el aprovechamiento de la energía geotérmica. La temperatura interna de la tierra, a una profundidad de un kilómetro, puede ir de 50°C hasta 350°C, en éstas áreas los recursos pueden ser secos, es decir, sólo vapor; ser una mezcla de vapor y agua o sólo agua **(OISE,2016)**.

De acuerdo al Inventario Nacional de Energía Renovable (INERE), en el año 2015 la producción de energía geotérmica en México fue de 6026.94 Gigawatts por hora (GWh) ver Figura 1. Baja California generó 3,943.26 GWh, seguido de Michoacán con 1565.68 GWh, Puebla con 462.1 GWh, Baja California Sur 50.02 GWh y Nayarit con 5.88 GWh. **(OISE,2016)**.

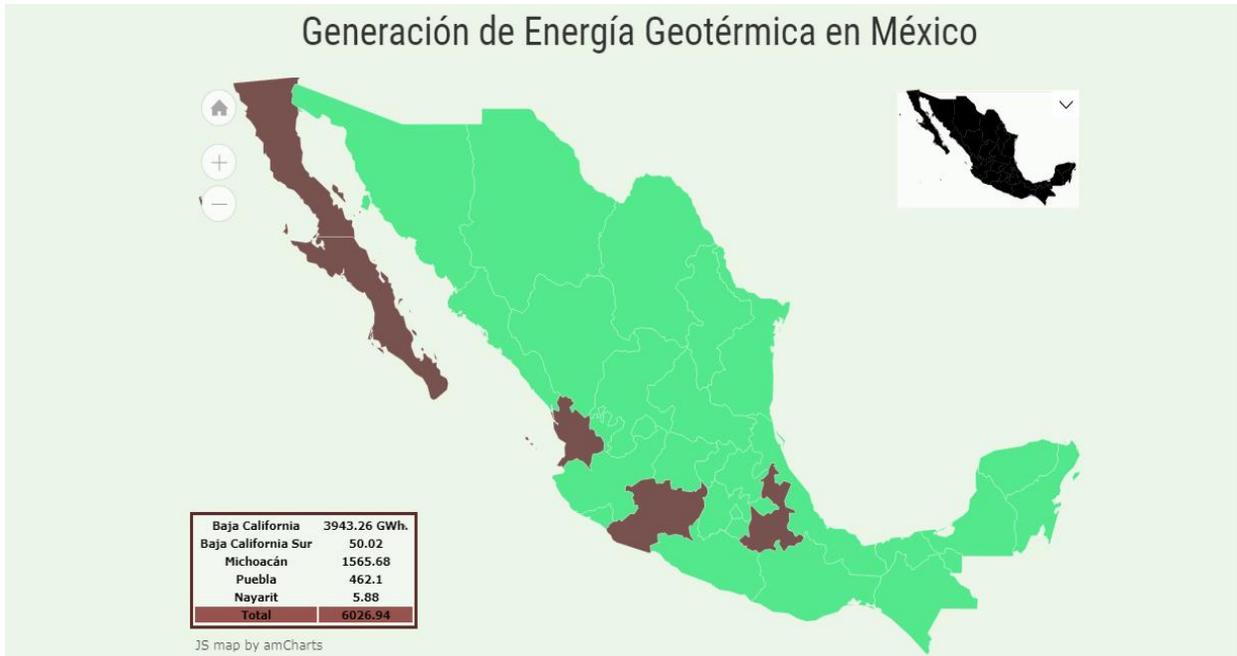


Figura 1. Generación de energía geotérmica en México tomada de la página (<http://www.oise.mx/geotermica>).

A nivel mundial México ocupa el cuarto lugar en generación de energía geotérmica (Figura 2). De acuerdo al reporte anual de la Geothermal Energy Association del año 2016, la capacidad de operación de energía geotérmica en México es de 1,069 Megawatts (MW), sólo por debajo de Estados Unidos, Filipinas e Indonesia que generan 3,567 MW, 1,930MW y 1,375 MW, respectivamente **(OISE,2016)**.

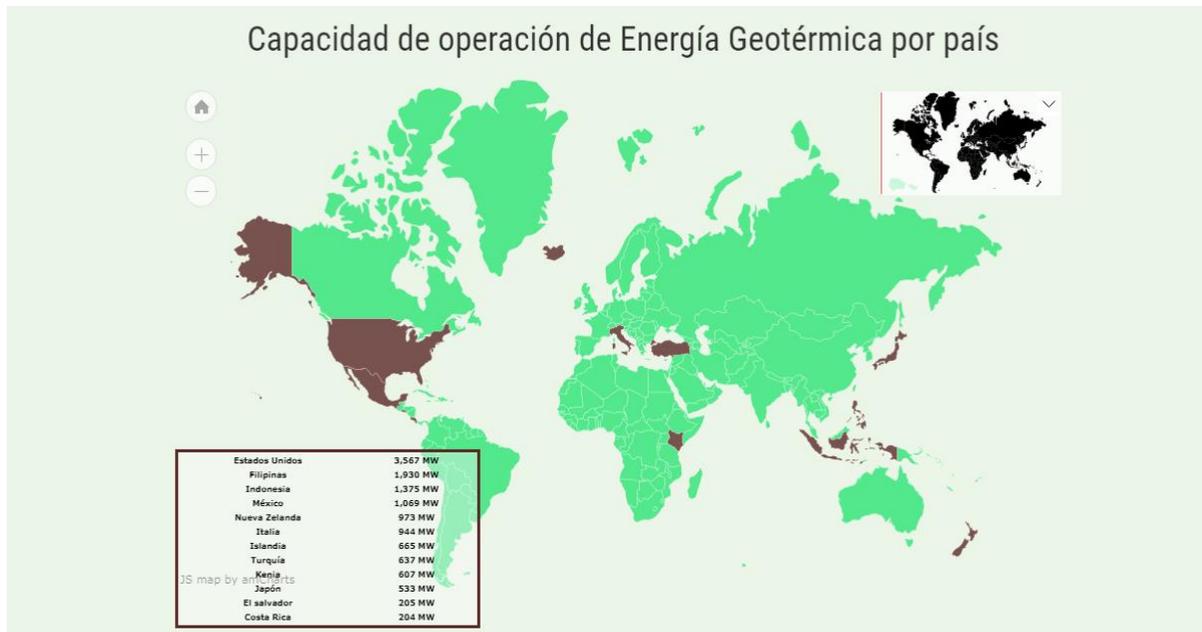


Figura 2. Capacidad de operación de energía geotérmica por país tomada de la página (<http://www.oise.mx/geotermica>).

En México, la Comisión Federal de Electricidad (CFE), a través de su Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos (GPG), ha venido operando a la fecha cuatro campos geotérmicos de tipo hidrotermal con una capacidad instalada total de alrededor de 931 Megawatts eléctricos (2016), suficientes para satisfacer la demanda de electricidad de unos dos millones de hogares mexicanos promedio (Figura 3). Por otra parte el Grupo Dragón, una empresa privada mexicana tiene en operación el campo denominado Domo san Pedro, en el estado de Nayarit, con un capacidad de 10 MWe. Para aprovechar estos recursos se tienen alrededor de 230 pozos de producción que alcanzan entre 1500 y 3500 m de profundidad (**CEMIEGEO,2016**).

Campos del país	Capacidad instalada
Cerro Prieto, Baja California	570 MWe
Los Azufres, Michoacán	248 MWe
Los Humeros, Puebla	94 MWe
Las Tres Vírgenes, Baja California Sur	10 MWe
Domo San Pedro, Nayarit	10 MWe

Figura 3. Capacidad instalada de los campos geotermicos de Mexico tomada de la página (<http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia-en-mexico>)

### 5.5 Deshidratación geotérmica de alimentos

La deshidratación geotérmica de alimentos es un proceso que consiste en remover la humedad de los alimentos con la finalidad de eliminar el medio que beneficia el crecimiento microbiano, hongos, mohos, levaduras, etc. elementos patógenos que perjudican la calidad e inocuidad de los alimentos, haciéndolos incomibles y generando pérdidas económicas para los comerciantes de productos hortofrutícolas. Por tanto, el Deshidratador Geotérmico de Alimentos DGA200 nace con el objetivo de fomentar el uso de la energía geotérmica de baja entalpía, es decir, el recurso geotérmico con temperaturas menores o iguales a 120°C. Por otra parte, se pretende aprovechar los recursos agrícolas de manera eficiente empleando un proceso práctico y sencillo como lo es el secado con aire caliente (II UNAM, 2016).

En México y en el mundo existen diferentes tipos de deshidratadores de alimentos como los que funcionan a través de gas y de energía solar pero el geotérmico tiene la ventaja de trabajar 24 horas al día los 365 días al año.

El sistema deshidratador de alimentos de baja entalpía está diseñado para el deshidratado de productos hortofrutícolas bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y velocidad del aire en la cámara de secado. La deshidratación de alimentos como el jitomate con humedades iniciales de 95 a 96% se ven reducidas hasta un 5%. Las condiciones operativas bajo las que está diseñado el deshidratador de alimentos

obedecen a favorecer la retención de los nutrientes de los alimentos hasta en un 60%, lo cual es directamente visible en la coloración del producto, la cual se mantiene prácticamente idéntica al color del producto en su estado fresco y consecuentemente la vida de anaquel es superior hasta en un 50% más a la de los productos deshidratados con gas L.P. o Natural.

El proceso utiliza energía térmica de fuentes geotérmicas a una temperatura mayor a 80 [°C]; aunque la planta puede adaptarse a otras fuentes renovables: Solar Térmica, Biocombustibles, desechos o remanentes térmicos de la industria. El proceso está integrado por subsistemas de calentamiento, a través de los cuales se transmite la energía térmica del agua geotérmica hasta el aire que remueve gradualmente la humedad de los alimentos. La planta cuenta con una producción de 200 [kg masa seca/día] (II UNAM,2018).

Los valores de operación de la planta deshidratadora DGA 200 se presentan en la Figura 4.

DESHIDRATADOR GEOTÉRMICO DE ALIMENTOS DGA200			
PRODUCTO		Alimentos de origen hortofrutícola	
ALIMENTOS DESHIDRATADOS PRODUCIDOS		200 [kg masa seca/día]	
INSUMOS			
FLUIDO CALENTAMIENTO	Cualquier fluido inerte	GRADO DE RIESGO	(0,1,0,0)
FLUJO	1.67 [kg/h]	FASE	Líquida
TEMPERATURA	180 [°C]	PRESIÓN MÁXIMA	10 [Barg]
FLUIDO OPERACIÓN	Agua geotérmica		
DATOS TÉCNICOS			
CAUDAL DE AIRE	12.30 [kg/h]	PESO	5.104 [ton]
CONSUMO ELÉCTRICO	2.56 [kWh/kg Seco]	CONSUMO TÉRMICO	2.5 [MWt]
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	Acero inoxidable 304L	TEMP. DE DISEÑO DE MATERIALES	120 [°C]
TEMPERATURA AMBIENTE DE DISEÑO	120 [°C]	ENERGÍA ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN	240 – 360 [V] AC, 3 Fases, 50/60 [Hz]
DIMENSIONES	6,096 X 2,438 X 2,621 [mm]		

Figura 4. Valores de operación de la planta deshidratadora DGA200 (II UNAM,2018).



Figura 5 y 6. Deshidratador Geotérmico DGA200  
Fotografía por: Eduardo Pérez



Figura 7 y 8. Cámara de deshidratación Geotérmica.  
Foto tomada por: Eduardo Pérez



Figura 9 y 10. Deshidratación geotérmica de piña  
Fotografía por: Daniel Gómez

## 5.6 Piña (*Ananas comosus* L.)

La piña forma parte de la familia de las bromelias. Los tipos cultivados pertenecen al género *Ananas* que reagrupa varias especies, entre ellas, la *Ananas comosus*, que es la que se explota con fines comerciales. Las principales variedades se clasifican en cinco grupos de acuerdo con sus hábitos de crecimiento, la forma de la fruta, las características de la pulpa y la morfología de las hojas y se han propagado por todo el mundo en función de su capacidad de adaptación a las condiciones climáticas locales:

- 1- Cayena
- 2- Española
- 3- Queen
- 4- Pernambuco
- 5- Perolera (**UNCTAD, 2014**)

Es un fruto ovalado y grueso que mide 30 cm de largo y 15 cm de diámetro, en promedio. Su pulpa comestible está rodeada de brácteas verdes que pasan a color naranja al madurar, formando la piel del fruto (**SAGARPA, 2017**).

En el extremo superior las brácteas se transforman en una corona de hojas. Su pulpa, amarilla o blanca, es carnosa, aromática, jugosa y dulce. En el interior hay un tronco fibroso duro que va desde la corona al pedículo (**SAGARPA, 2017**).

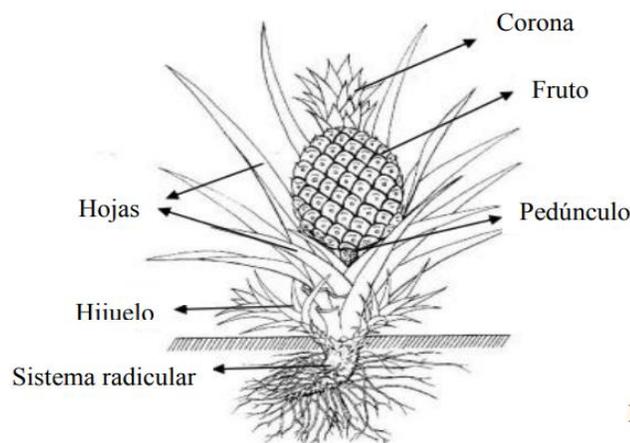


Figura 11. Morfología de una planta de piña (**Iliana, 2013**).

### 5.6.1 Origen

Las diferentes especies de piña son nativas de América del Sur, más concretamente, de un vasto cuadrilátero que abarca el Brasil, el norte de la Argentina y el Paraguay (cuencas fluviales del Paraná y el Paraguay). Esta zona no excluye una propagación más amplia de especies salvajes de piña, que podría llegar hasta Venezuela. El intercambio entre tribus de las frutas más interesantes para el consumo podría haber favorecido su progresiva difusión hacia la América peninsular y el Caribe **(UNCTAD,2014)**.

El momento de su descubrimiento por el mundo occidental remonta a la segunda expedición de Cristóbal Colón a América, cuando desembarcó en una de las islas del Caribe **(UNCTAD,2014)**.

Su propagación se realizó al compás que portugueses y españoles abrían las grandes vías marítimas durante el siglo XVI. Su presencia ha sido confirmada en Santa Elena en 1505, en las Indias en 1545 y en Madagascar en 1548. Aparece en Asia a mitad del siglo XVI. A finales del siglo XVII, la piña estaba implantada en toda la zona tropical. La fruta llegó a Europa en 1535, llevada a España por los navegantes y presentada como curiosidad en las cortes europeas, confitada o fresca. A finales del siglo XVII y principios del XVIII, hubo algunos intentos en Inglaterra y Francia de producción en invernadero con pocos resultados. La piña se introdujo en Hawái de forma tardía a finales del siglo XVIII, llegando a hacer de los Estados Unidos el principal proveedor de piña a principios del siglo XX **(PY, 1984)**.

Algunos productores intentaron expedir piña fresca a centros de consumo por barco, pero tropezaron con el grado percedero del producto. De esta manera, las exportaciones se realizaban únicamente en distancias cortas bien comunicadas, principalmente en los alrededores de Florida, importante zona de producción a principios del siglo XX a la que rápidamente Cuba, Puerto Rico o las Bahamas hicieron la competencia. En Europa occidental, la piña se implantó en las Azores, primer proveedor de Europa hasta la Segunda Guerra Mundial **(UNCTAD, 2014)**.

Las primeras pruebas de puesta en conserva remontan a 1882 en Hawái. Desde el cambio de siglo hasta los años 1920, las fábricas de conservas de piña proliferaron en

Asia (Taiwán, Sudeste Asiático y Malasia) y, posteriormente, en Australia y en Sudáfrica; también se implantaron en Filipinas y Kenia. Hasta la Segunda Guerra Mundial, la producción se desarrolló de forma consecuente con el auge de la industria de la conserva. El comercio de fruta fresca también progresó, pero quedó limitado a los centros de consumo próximos a los lugares de producción **(UNCTAD, 2014)**.

El comercio de la piña se disparó tras la Segunda Guerra Mundial debido al efecto conjunto de una demanda creciente y al desarrollo del transporte refrigerado. Desde entonces asistimos al auge de la producción que, lejos de limitarse al Caribe y los Estados Unidos y, aunque en menor medida, a Asia, se ha extendido rápidamente e intensificado en Asia y África **(UNCTAD, 2014)**.

### **5.6.2 Plantación**

Se puede sembrar en todo el año contando con un sistema de riego. Se selecciona la semilla por tamaño y tipo para uniformar la superficie plantada; necesita sembrarse a una profundidad adecuada para que al crecer y fructificar no se vaya a volcar por el peso de la fruta y el efecto del viento **(SAGARPA, 2017)**.

La planta es una hierba perenne que va de 1 a 1.5 metros de alto. Se generan alrededor de 200 flores, cuyos frutos se combinan para formar la piña **(SAGARPA, 2017)**.

Cada planta tiene de 70 a 80 hojas, que son una especie de vainas o laminas dispuestas en espiral, por lo general en capas. Algunas variedades presentan espinas en las orillas de las hojas **(SAGARPA, 2017)**.

Sus flores poseen escamas foliares que retienen el agua. El embrión de la planta tiene una sola hoja o cotiledón **(SAGARPA, 2017)**.

### **5.6.3 Condiciones edáficas y clima**

El crecimiento de las raíces y hojas es prácticamente nulo a temperaturas menores a 21 °C y mayores a 35 °C; el máximo crecimiento ocurre entre 30 y 31 °C; y el mejor desarrollo de la planta se obtiene cuando la temperatura anual esta entre 24 y 27 °C **(SAGARPA, 2017)**.

El cultivo de la piña requiere suelos de buen drenaje, permeables, francos-limosos y con pH de 5 a 6; debe evitarse la siembra en terrenos arcillosos, de mala estructura y de pobre drenaje. **(SAGARPA, 2017)**

#### 5.6.4 Producción de piña

La piña ocupa la decimoprimer posición de las frutas más cultivadas según las estadísticas de la FAO, con algo más de 24,8 millones de toneladas en 2013. La producción mundial crece con regularidad y aumentó en más de 8 millones de toneladas entre los años 2000 y 2013 **(FAOSTAT,2015)**.

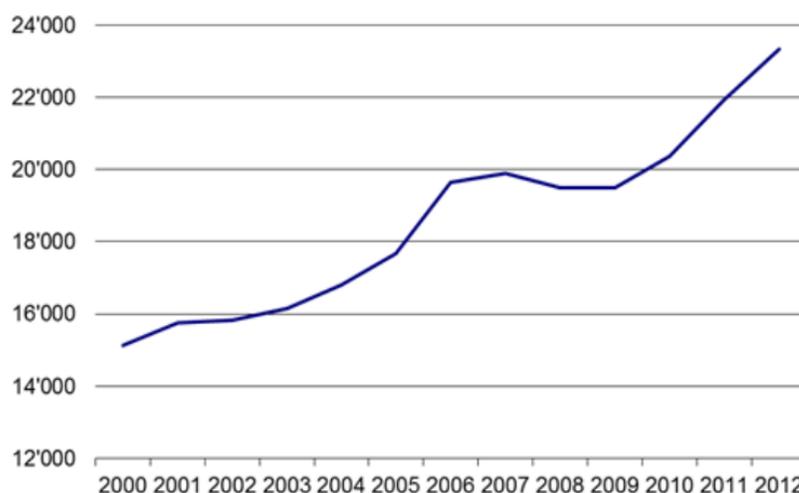


Figura 12. Producción mundial de piña, millones de toneladas, 2000-2013 **(FAOSTAT,2015)**.

Es la segunda fruta tropical más importante en el mundo después del mango, la demanda internacional de la piña sigue en crecimiento principalmente debido a los diferentes hábitos alimenticios de los consumidores americanos y europeos que consideran a esta fruta tropical como una de las más finas del mundo, destacando en ella su agradable sabor, aroma y su contenido de vitamina C **(FAO, 2010)**.

Los diez primeros países productores, que representan cerca del 74 % de la producción mundial, han variado poco desde los años 2000. Colombia, México, China, Filipinas y la India han aumentado su producción sin interrupción desde el año 2000 siguiendo una progresión lineal; la progresión ha sido más irregular para Tailandia y el Brasil, con una

fuerte bajada entre 2006 y 2009 y cuyo crecimiento no se reanudó hasta 2010; Costa Rica, Indonesia y Nigeria, están en crecimiento constante y se aceleró considerablemente entre 2007 y 2010 **(CIRAD, 2014)**.

<b>Tailandia</b>	<b>2 650 000</b>
Costa Rica	<b>2 484 729</b>
Brasil	<b>2 478 178</b>
Filipinas	<b>2 397 628</b>
Indonesia	<b>1 780 889</b>
India	<b>1 456 000</b>
Nigeria	<b>1 420 000</b>
China	<b>1 000 000</b>
México	<b>759 976</b>
<b>Colombia</b>	<b>551 133</b>

Figura 13. Principales diez países productores toneladas, 2014 **(CIRAD, 2014)**.

La piña es un fruto tropical con alto valor en el mercado internacional y con potencia en la fabricación de productos agroindustriales. En el periodo 2003-2016 la producción de piña creció 29.06%, además de que las exportaciones crecieron a un ritmo acelerado en el mismo periodo pues pasaron de 20.8 mil a 80.3 mil toneladas **(SAGARPA, 2017)**.

Nuestro país tiene poca presencia en el mercado internacional, con una exportación equivalente a 86,267 toneladas de piña en 2016, lo que representó 7.65% del total de importaciones de los Estados Unidos con respecto a este producto **(SAGARPA, 2017)**.

En el contexto productivo, de las 42,802 hectáreas sembradas en 2016, el 94.2% de la superficie se encuentra mecanizada, el 88% con tecnología aplicada a la sanidad vegetal, mientras que solo el 7.61% del territorio sembrado con este cultivo contó con asistencia técnica. El 83.14% de la producción es por temporal **(SAGARPA, 2017)**.

Tabla 1. Estimaciones de producción y exportación de piña.

AÑO/PERIODO	ESTIMACIONES**				CRECIMIENTO ACUMULADO**				CRECIMIENTO PROMEDIO ANUAL**	
	2016	2018	2024	2030	2003-2016	2016-2018	2016-2024	2016-2030	2003-2016	2016-2030
Producción potencial*** (miles de toneladas)	875.84	912.71	1,023.31	1,133.91	29.07%	4.21%	12.12%	29.47%	1.98%	1.74%
Exportaciones (miles de toneladas)	86.27	103.66	154.77	201.46	313.96%	20.16%	49.31%	133.54%	11.55%	5.82%
Valor de exportaciones (millones de dólares a precios de 2016)	42.57	51.16	76.38	99.42						

\*Representa la participación del valor de la producción del 2016 con respecto al PIB agrícola del mismo año

\*\*Estimaciones realizadas por la Coordinación de Asesores de la Subsecretaría de Agricultura

\*\*\*Estimada con base en la capacidad instalada actual, rendimientos de referencia históricos y considerando que no se incrementara la frontera agrícola reportada en 2016. **(SAGARPA, 2017)**

Actualmente se satisface el 100% de los requerimientos nacionales con producción interna; asimismo, las exportaciones mundiales han aumentado 38.01% en la última década, lo que ha generado un incremento en las exportaciones mexicanas principalmente con destino a Estados Unidos **(SAGARPA, 2017)**.



Figura 14. Producción, consumo nacional y exportaciones. **(SAGARPA, 2017)**

\*El consumo nacional representa la demanda total del cultivo por tipo de uso en el periodo analizado.

2016



Figura 15. Destino de exportación de piña 2016 (SAGARPA, 2017).

NOTAS: El porcentaje de satisfacción de requerimiento nacional representa la demanda que se puede cubrir con producción nacional.

La disponibilidad total hace referencia a la producción nacional más las importaciones.

La estacionalidad de las exportaciones muestra que entre marzo y mayo son los meses con mayor flujo comercial al extranjero (SAGARPA, 2017).

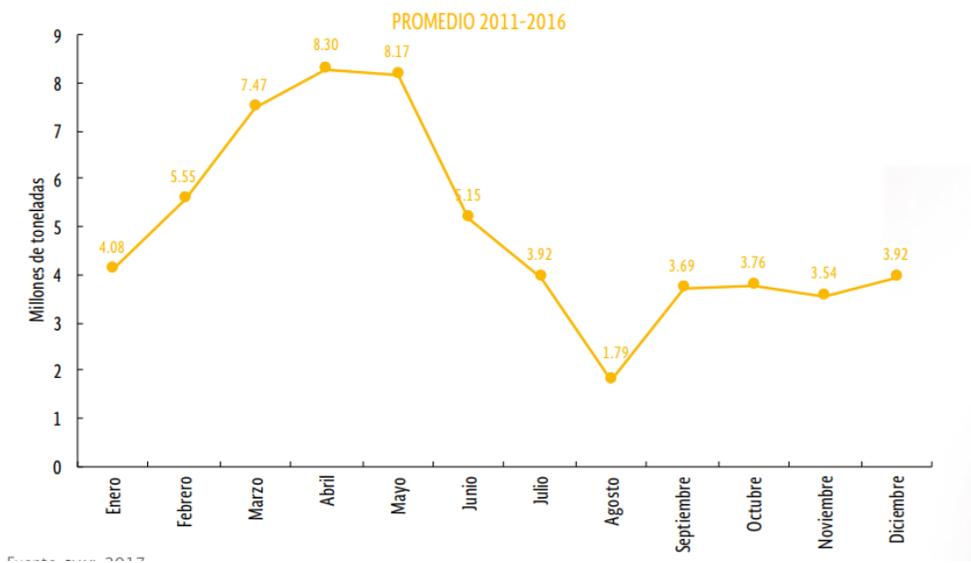


Figura 16. Estacionalidad de exportaciones de piña (SAGARPA, 2017).

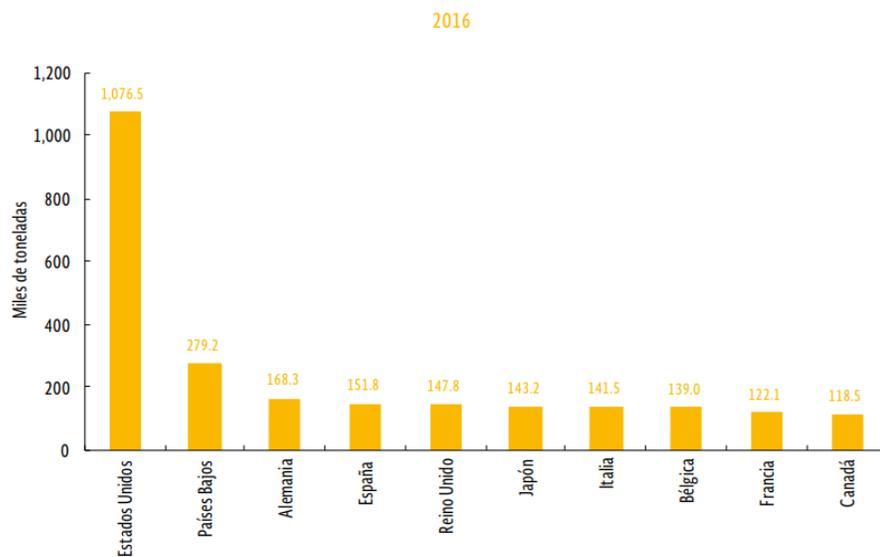


Figura 17. Principales importadores de piña (SAGARPA, 2017).

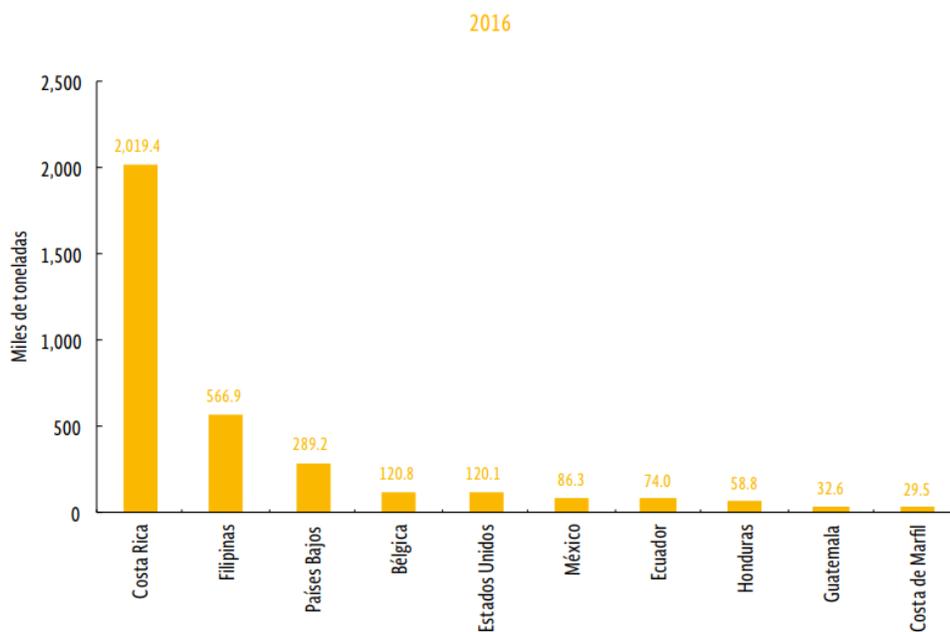


Figura 18. Principales exportadores mundiales de piña. (SAGARPA, 2017)

En México, el cultivo de la piña ocupa aproximadamente una superficie de 31 mil hectáreas. Las zonas productoras de piña en nuestro país se caracterizan porque se encuentran en algunas regiones específicas de algunos estados. Los principales estados en donde se concentra el 97 % de la producción son: Veracruz, Oaxaca, Tabasco y

Nayarit. El estado de Veracruz figura como el principal productor de piña, contribuye con el 73.4 % de la producción nacional, alta superficie cosechada (Has) y mayor valor de la producción; la principal región productora se ubica en zona del Bajo Papaloapan o Cuenca del Papaloapan y abarca los municipios de Villa Isla, Juan Rodríguez Clara y Villa Azueta **(Garcidueñas,2013)**.

En el país la piña alcanza rendimientos de alrededor de 42 Ton/Ha siendo menor que en otros países como Panamá, que supera los 80 Ton/Ha e Indonesia con 69 Ton/Ha **(Dussel, 2002; FAO, 2010)**.

#### **5.6.5 Usos**

La piña se consume fresca como postre, pero también se comercializa en gran cantidad de forma transformada. La más extendida es la conserva, donde se presenta bajo numerosas formas, desde la rodaja entera hasta trozos y varían en función de los aditivos añadidos, que van desde el zumo de piña simple al sirope de azúcar más o menos denso **(UNCTAD,2014)**

La fruta se consume también como zumo simple o concentrado. En este caso, se puede encontrar el producto solo o mezclado con otras frutas. Los purés o segmentos de fruta congelados constituyen productos semi-transformados utilizados en la industria alimentaria, como base para la fabricación de productos lácteos (yogur, helado, etc.). **(UNCTAD, 2014)**

La piña deshidratada y/o confitada también se fabrica para su venta directa en rodajas o segmentos solos o mezclados (frutas para aperitivo, etc.) **(UNCTAD, 2014)**.

Se están realizando estudios sobre la bromelina, enzima extraída de la piña, para su uso en la industria farmacéutica, ya que podría ayudar a la digestión **(UNCTAD, 2014)**.

Con la cascara se puede hacer vinagre, y combinada con agua, hasta con cierto grado de fermentación, se obtiene una bebida llamada tepache **(SAGARPA, 2017)**.



Figura 19. Productos de la piña tomada de la pagina (<http://lapiniatropical.blogspot.com/2015/03/productos-agrindustriales.html>)

### 5.6.6 Propiedades nutricionales.

Tabla 2. Componentes principales de la piña para 100 g de alimento comestible (ANSES,2013).

Componentes	Valor medio		
	Piña fresca	Zumo	de Sirope de
Valor energético (kj/100 g)	223	206	348
Valor energético (kcal/100 g)	52,6	48	81,9
Agua (g/100 g)	85,8	86,3	78,6
Proteínas (g/100 g)	0,4	0,3	0,4
Glúcidos (g/100 g)	11	11,6	19,1
Lípidos (g/100 g)	0,2	< 0,1	
Azúcares (g/100 g)	9,24	11,6	17,6
Fibras (g/100 g)	1,52	0,2	0,85
<b>Minerales</b>			
Sodio (mg/100 g)	< 5,67	1,1	< 2
Magnesio (mg/100 g)	19,8	13,8	11,3
Fósforo (mg/100 g)	11	7,8	5
Potasio (mg/100 g)	170	133	105
Calcio (mg/100 g)	20,3	12,4	< 23,5
Manganeso (mg/100 g)	2,02	1,2	0,92
Hierro (mg/100 g)	0,225	0,225	0,22
Cobre (mg/100 g)	0,076	0,04	0,0332
Zinc (mg/100 g)	0,667	0,08	0,0646
Selenio (µg/100 g)	0,28	1,1	< 0,005
Iodo (µg/100 g)	1,22	1	
Betacaroteno (µg/100 g)	38,5		40
<b>Vitaminas</b>			
E (µg/100 g)	0,1	0,02	0,08
C (mg/100 g)	12	9,5	10,4
B1 (mg/100 g)	0,08	0,055	0,07
B2 (mg/100 g)	0,03	0,02	0,1
B3 (mg/100 g)	0,3	0,3	0,2
B5 (mg/100 g)	0,16	0,15	0,07
B6 (mg/100 g)	0,101	0,1	0,07
B9 (µg/100 g)	13,5	23	5,5

### 5.7 Microorganismos asociados a las frutas

Los microorganismos presentes en las frutas dependen de muchos factores como, por ejemplo: el tipo de fruta, el agua con que se regó la cosecha, el tipo de suelo, el contacto con el suelo, la manipulación y el contacto con superficies y/o equipos contaminados por mencionar algunos.

Las frutas exhiben un record excepcionalmente bueno desde el punto de vista de la salud pública, atribuido principalmente a los mecanismos de defensa naturales que muchas de ellas poseen. Entre éstos pueden mencionarse una piel gruesa, sustancias antimicrobianas naturales (por ejemplo, aceites esenciales, antocianinas, ácido benzoico, benzaldehído) y/o ácidos orgánicos (tales como málico, tartárico y cítrico) que contribuyen a la acidez de las frutas y hortalizas y que generalmente mantienen el pH de la fruta a valores menores a 4,6 **(FAO,2004)**.

La mayor parte de las frutas son productos de alta acidez, si bien ciertas frutas tienen un pH mayor, por ejemplo, chicozapote, banana, melón, mamey, higo y papaya. El bajo pH y la naturaleza del ácido orgánico por se seleccionan el crecimiento de los microorganismos tolerantes a ácido, tales como hongos y levaduras (predominantemente hongos) y bacterias lácticas. Las levaduras, si bien están presentes en gran número junto con los hongos sobre las superficies de las frutas frescas, no poseen los mecanismos necesarios para invadir los tejidos de las plantas, siendo por lo tanto agentes secundarios de deterioro. Varios hongos producen micotoxinas en las frutas antes y después de la cosecha (por ejemplo, patulina). Las bacterias patógenas no pueden proliferar en las frutas debido a su bajo pH pero pueden sobrevivir durante un tiempo suficiente para causar enfermedad. Algunas enfermedades ocasionales causadas por patógenos o toxinas bacterianas en frutas (salmonelosis, hepatitis A, botulismo infantil, listeriosis) han sido atribuidas en su mayor parte a la contaminación producida por la exposición a desechos animales o humanos o a agua de irrigación contaminada **(FAO,2004)**.

Durante el procesado mínimo de la fruta se aplican tecnologías barrera (tratamientos sanitizantes, adición de compuestos antioxidantes o texturizantes, recubrimientos comestibles, radiaciones, tratamientos térmicos suaves, atmósferas modificadas, entre otros), que solas o en combinación, tienen por objeto prolongar la vida útil del producto haciéndolo microbiológicamente seguro y conservando sus características sensoriales y nutricionales. Sin embargo, en ocasiones, dichos tratamientos si bien son efectivos pueden conferir al producto una textura, sabores y/o olores no deseables por lo que es imprescindible utilizar una dosis adecuada para mantener la apariencia y la calidad higiénico-sanitaria sin afectar sus características sensoriales. Aunque la composición, las

propiedades fisicoquímicas y la naturaleza del fruto entero que se va a procesar determinan en gran medida la predisposición al ataque de un tipo u otro de microorganismos, será el proceso de elaboración y, en especial, las fases de pelado y corte las que determinen la contaminación de los frutos mínimamente procesados con microorganismos alterantes y/o patógenos **(Lobo,2009)**.

Cuando se producen daños mecánicos como cortaduras y golpes, aumenta la probabilidad y tasa de desarrollo microbiano ya que los microbios invaden los tejidos internos. También la manera en que son almacenados estos productos a menudo puede influir posteriormente en el desarrollo de determinados grupos de microorganismos **(Brackett, 2001)**.

La Flora alterante presente en los frutos mínimamente procesados está compuesta por bacterias, hongos y levaduras **(Díaz-Cinco y cols., 2005)**. La mayoría de las bacterias descritas son gram negativas del grupo *Pseudomonas* y de las *Enterobacterias*. También pueden encontrarse bacterias pectinolíticas, como *Erwinia carotovora*, o acidolácticas, como *Leuconostoc mesenteroides* y *Lactobacillus spp.* Entre los hongos destacan los del género *Penicillium*, *Aspergillus*, *Sclerotinia*, *Botrytis* y *Rhizopus*, y en las levaduras los géneros *Candida*, *Cryptococcus*, *Pichia*, *Torulaspota* y *Trichosporum*. Además, se han aislado microorganismos patógenos, como *Escherichia coli* O157:H7, varias especies de *Salmonella* y *Shigella*, *Cyclospora cayetanensis*, *Listeria monocytogenes* y *Clostridium botulinum* causantes de brotes de enfermedades **(Lobo, 2009)**.

Además de la alteración microbiológica, los cambios fisicoquímicos durante el procesamiento y almacenamiento de las frutas pueden causar un deterioro en su calidad, afectando el color, la textura, el sabor, el olor y el valor nutritivo **(FAO, 2004)**.

Algunos de los factores que favorecen el crecimiento microbiológico en frutas son el pH, temperatura, potencial redox, actividad del agua y la composición química de la fruta.

En general las bacterias crecen con mayor rapidez entre pH comprendidos entre 6.0 y 8.0; las levaduras entre 4.5 y 6.0 y los hongos filamentosos entre 3.5 y 4.0 **(Andorra et al., 2010)**.

La estabilidad microbiológica de alimentos con contenido de agua reducido no es una función de su contenido de agua total sino de la proporción de agua que está disponible para las actividades metabólicas de los organismos. La mejor medida de la humedad disponible es la actividad de agua,  $a_w$  (por ejemplo la relación entre la presión de vapor de la solución o del alimento ( $p$ ) y la presión de vapor del agua pura ( $p_0$ ) a la misma temperatura,  $p/p_0$ ). La  $a_w$  óptima para el crecimiento de la mayor parte de los microorganismos está en el rango 0,99-0,98. Cuando un microorganismo se coloca en una solución acuosa concentrada de un soluto de  $a_w$  reducida, el agua es extraída del citoplasma de la célula y se pierde la presión de turgor. La homeostasis (o equilibrio interno) se perturba y el organismo no se multiplica, pero permanece en fase de retraso hasta que se restablezca el equilibrio. El microorganismo reacciona para recuperar el agua perdida acumulando en el citoplasma los llamados «solutos compatibles» hasta que la osmolalidad interna sea ligeramente mayor a la de la solución y así el agua vuelve a entrar en la célula. Se restablece la presión de turgencia y el microorganismo continúa creciendo. Los «solutos compatibles» no interfieren con las actividades normales de las células y pueden ser sintetizados dentro de la misma o transportados desde el medio. En cualquiera de los dos casos, el proceso consume energía y por lo tanto la energía disponible para el crecimiento disminuye. Si la reducción en la  $a_w$  es muy extrema, la célula microbiana es incapaz de reparar la homeostasis y no puede ya proliferar e incluso puede morir. En general, las bacterias de deterioro comunes se inhiben a  $a_w$  aproximadamente 0,97; los clostridios patógenos a  $a_w$  0,94, y la mayor parte de la especie *Bacillus* a  $a_w$  0,93. *Staphylococcus aureus* es el patógeno que posee mayor tolerancia a la  $a_w$  y puede crecer en aerobiosis a  $a_w$  de 0,86. Muchos hongos y levaduras son capaces de proliferar a  $a_w$  debajo de 0,86; algunas levaduras osmofílicas y hongos xerófilos pueden crecer lentamente a  $a_w$  ligeramente mayores a 0,60. En consecuencia, para conservar un alimento utilizando como factor de estrés sólo la reducción de  $a_w$ , el  $a_w$  debiera disminuirse a 0,60. Los alimentos totalmente deshidratados, por ejemplo, tienen valores de  $a_w$  aproximadamente iguales a 0,30 para controlar no sólo el crecimiento microbiano sino también otras reacciones de deterioro **(FAO,2004)**.

Si la acidez del medio se incrementa (por ejemplo el pH se reduce), los microorganismos tratan de mantener el pH interno dentro de un rango estable limitado y en un valor mayor

que el del medio. Los mecanismos homeostáticos tratan de impedir que los protones crucen la membrana celular y entren al citoplasma, y además expulsan a los protones que hayan penetrado adentro de la célula. La reparación de la homeostasis perturbada del pH demanda energía y la velocidad de crecimiento disminuye. A medida que el pH se va reduciendo aún más, los requerimientos energéticos aumentan y ya no queda más energía disponible para otras funciones celulares. Si la capacidad de homeostasis es superada, el pH citoplasmático disminuye y la célula muere. La habilidad de los microorganismos para crecer a bajo pH depende de su habilidad para prevenir que los protones pasen al citoplasma. El pH óptimo para el crecimiento de la mayoría de las bacterias asociadas a alimentos está en el rango 6,5-7,5. Pero algunas bacterias patógenas pueden crecer a pH 4,2 y algunas bacterias deteriorativas pueden multiplicarse en condiciones muy ácidas (pH = 2,0). En general, los hongos y las levaduras tienen mayor habilidad que las bacterias para crecer a pH ácidos, pudiendo proliferar a un valor de pH tan bajo como 1,5. Disminuir el pH debajo de 4,2 es una forma efectiva de lograr la inocuidad de algunos alimentos debido a la alta sensibilidad al pH de las bacterias patógenas. Sin embargo, para controlar el crecimiento de todos los microorganismos por el pH, el pH requerido en ausencia de otros factores de conservación sería muy bajo (< 1,8) y esto causaría el rechazo de los productos por consideraciones sensoriales **(FAO, 2004)**.

### **5.8 Normas para frutas deshidratadas**

En México no hay normas para frutas deshidratadas, por lo tanto para el presente trabajo se tomó como referencia las especificaciones propuestas por el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la Facultad de Química de la UNAM (Tabla 3) a cargo de la Profesora Olga Velázquez, que está ubicado en el Laboratorio 4B en el edificio A. Los análisis microbiológicos presentes en esta tesis se realizaron en este laboratorio.

Tabla 3. Especificaciones microbiológicas.

Especificaciones microbiológicas propuestas	Límite máximo propuesto
<b>Cuenta bacteriana total o Mésofilos aerobios</b>	500 ufc/g
<b>Organismos coliformes</b>	25 ufc /g
<b>Hongos y levaduras</b>	300 ufc/g
<b><i>Staphylococcus aureus</i> (coagulasa positivo)</b>	<100 ufc/g
<b><i>Salmonella spp</i></b>	Ausente en 25 g
<b><i>Escherichia coli</i></b>	negativo

#### Microorganismos indicadores

La calidad microbiológica de los alimentos es fundamental porque influye en su conservación y vida de anaquel y, sobre todo, porque los microorganismos presentes en ellos, pueden ser causantes de enfermedades transmitidas por alimentos ó ETA's (en inglés se denominan "foodborne illness" ó FBI) **(FQUNAM,2017)**.

Las normas en materia de alimentos, generalmente establecen la calidad microbiológica en términos de microorganismos indicadores. Éstos son organismos (o grupos) que advierten oportunamente de un manejo inadecuado o contaminación que incrementan el riesgo de presencia de microorganismos patógenos en alimentos. Además de que su detección en el laboratorio es más sencilla, rápida y/o económica, los microorganismos indicadores permiten un enfoque de prevención de riesgos, puesto que advierten manejo inadecuado y/o contaminación. **(FQUNAM,2017)**.

**Mesofilos Aerobios:** Esta determinación indica el grado de contaminación de una muestra y las condiciones que han favorecido o reducido la carga microbiana. Desde luego, no se aplica a alimentos fermentados, y puede dar escasa información sobre el 16 manejo del alimento cuando éste es poco favorable para el desarrollo microbiano por su pH ó aw, por ejemplo. Este grupo es un indicador importante en alimentos frescos,

refrigerados y congelados, en lácteos y en alimentos listos para consumir (RTE por sus siglas en inglés: ready to eat). Se lleva a cabo a partir de diluciones decimales de la muestra, que se inoculan en placas vertidas de agar triptona glucosa extracto o agar cuenta estándar. Las placas se incuban en condiciones de aerobiosis, a 35 °C durante 24 a 48 horas. Es importante aplicar las reglas para el recuento, de la NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. **(FQUNAM,2017).**

**Coliformes totales:** Las bacterias coliformes son un grupo heterogéneo compuesto por varios. Existe poca evidencia que indique que estas bacterias coliformes pertenezcan a un solo género taxonómico. El número de organismos se establece mediante la cuenta de unidades formadoras de colonias (NOM-113-SSA1-1994. Método para la Cuenta de Microorganismos Coliformes Totales en Placa) o el uso de la técnica del número más probable. Esta última, también llamada técnica de dilución en tubo, proporciona una estimación estadística de la densidad microbiana presente con base a que la probabilidad de obtener tubos con crecimiento positivo disminuye conforme es menor el volumen de muestra inoculado. El método se basa en que las bacterias coliformes, fermentan la lactosa incubadas a  $35 \pm 1^\circ\text{C}$  durante 24 a 48 horas, resultando una producción de ácidos y gas el cual se manifiesta en las campanas de fermentación. **(FQUNAM,2017).**

***Salmonella spp.*:** Compact Dry SL sirve para verificar *Salmonella spp.* sólo hace falta un precultivo de 20 - 24 horas. La detección por medio de placas Compact Dry SL se realiza de modo seguro y rápido basándose en un triple criterio:

1. Cambio de color del medio, de azul lila a amarillo, causado por la alcalización del medio por obra de la decarboxilasa de lisina específica de la *Salmonella spp.*
2. Surgimiento de colonias verdinegras por biodegradación del sustrato cromógeno así como por el sulfuro de hidrógeno producido específicamente por las salmonellas
3. Movilidad de las *Salmonella spp.* **(HySERVE,2019).**

**Hongos y levaduras:** Los hongos y las levaduras se encuentran ampliamente distribuidos en el ambiente, por lo que son frecuentes en la microbiota habitual de muchos

alimentos; se dispersan fácilmente por el aire y el polvo. Ciertas especies de hongos y levaduras son útiles en la elaboración de algunos alimentos, sin embargo también pueden ser causantes de la descomposición. Debido a su crecimiento lento y a su baja competitividad, los hongos y levaduras se manifiestan en los alimentos donde las condiciones no favorecen el crecimiento bacteriano, por ejemplo: pH ácido, baja humedad, alto contenido en sales o carbohidratos, baja temperatura de almacenamiento, presencia de antibióticos u otros antibacterianos. Como grupo indicador son útiles para evidenciar grado general de contaminación en alimentos con estas características o cuando los mesófilos aerobios no son útiles, como en alimentos fermentados. También son indicadores del riesgo de desarrollo de hongos toxigénicos en alimentos como frutos secos, especias, cereales y otros granos, y sus derivados. Se lleva a cabo a partir de diluciones decimales de la muestra, que se inoculan en placas vertidas de papa dextrosa agar (PDA) y agar extracto de malta (AEM) acidificados con ácido tartárico, para favorecer a los hongos y levaduras e inhibir bacterias. **(FQUNAM, 2017).**

## **5.9 Evaluación sensorial**

El Instituto de Alimentos de EEUU (IFT), define la evaluación sensorial como “la disciplina científica utilizada para evocar, medir analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” .

El análisis sensorial o evaluación sensorial es el análisis de los alimentos u otros materiales a través de los sentidos **(Hernández, 2005).**

Otro concepto que se le da a la evaluación sensorial es el de la caracterización y análisis de aceptación o rechazo de un alimento por parte del juez entrenado o consumidor, de acuerdo a las sensaciones experimentadas desde el mismo momento que lo observa y después que lo consume. Es necesario tener en cuenta que esas percepciones dependen del individuo, del espacio y del tiempo principalmente **(Hernández, 2005).**

De esta manera, la calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre el alimento y el hombre, dando origen a una sensación provocada por determinados estímulos procedentes del alimento a veces modulada por las condiciones fisiológicas,

psicológicas y sociológicas de la persona o grupos de personas que la evalúa **(Hough y Friszman, 2005)**.

### **5.9.1 Perfil sensorial**

Un perfil sensorial sirve para describir en base a sus cualidades sensoriales un producto y tiene diversas funciones como por ejemplo: determinar el efecto de los empaques sobre el producto, características sensoriales provocadas por el cambio en la formulación, ingredientes o variables del proceso que influyan sobre la calidad sensorial.

El principal propósito del perfil sensorial es implícitamente usado para describir y cuantificar entre productos, diferencias sensoriales. La cuantificación es realizada en atributos descriptivos que son claramente identificados por un grupo de jueces, mismo que es convocado con el fin de hacer un consenso de la descripción generada y dejarla libre de juicios hedónicos **(Carmona, 2013)**.

### **5.9.2 Perfiles rápidos**

El perfil rápido fue desarrollado como un método flexible que permita obtener un rápido posicionamiento de un producto específico en una serie de productos muy similares. Obteniéndose al mismo tiempo una fase de familiarización de los productos en el espacio, así como la generación de atributos y clasificación por un grupo de evaluadores **(Dairou y Sieffermann, 2002)**.

Estas metodologías disminuyen el tiempo considerablemente, comparadas con otras pruebas descriptivas, pero la selección del tipo de metodología viene dada por el uso y el alcance que se busque para determinado producto.

### **5.9.3 Perfil flash**

La prueba de Perfil Rápido (Flash Profiling) es una prueba afectiva descriptiva emergente basada en el vocabulario, donde se realiza una evaluación comparativa de un producto a partir de varias muestras donde los consumidores establecen un conjunto de atributos **(Ares y Varela, 2012)**.

El Perfil Flash fue desarrollado en el año 2000 por Siffermann. La técnica es un método sensorial descriptivo derivado del perfil de libre elección. En este método, en la primera sesión los evaluadores reciben un conjunto completo de productos y se les pide que generen individualmente descriptores sensoriales que distingan a los productos. En este proceso, son instruidos para evitar términos hedónicos. Una vez que se tienen todos los descriptores se realiza una sesión grupal para hacer una lista de atributos y se les pide a los jueces actualizar sus propias listas individuales si lo quieren. En la siguiente sesión se le da al panelista la totalidad de atributos definidos. **(Delaure y Siefferman, 2002)**. En una sesión posterior se evalúa la intensidad de los atributos de los productos en base a sus características sensoriales. Los datos son evaluados por el Análisis de Procustes Generalizado, donde cada panelista corresponde a una matriz de datos y se produce un consenso de configuración.

En artículos recientes se lleva a cabo un Perfil Flash modificado el cual consiste en que los evaluadores sean un grupo de jueces entrenados en metodología descriptiva, esto ha demostrado que se tiene un mejor consenso de sus respuestas. Otra diferencia entre el Perfil flash convencional y el Perfil flash modificado es que en este último se lleva a cabo una lista conjunta entre los panelistas de los atributos generados **(Väkeväinen et al., 2020)**

#### **5.9.4 Pruebas afectivas**

Las pruebas afectivas permiten conocer la reacción subjetiva de un consumidor hacia un producto, si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. Las pruebas afectivas utilizan jueces no entrenados, es decir personas que juzgan el alimento en su rol de consumidor, a diferencia de los jueces entrenados o expertos, quienes han sido entrenados para tener una especial sensibilidad a la hora de percibir diferencias entre muestras y para distinguir y evaluar las características del alimento **(López y Delgado, 2015)**.

Las pruebas afectivas pueden clasificarse en dos categorías principales, a saber: las pruebas de preferencia y las pruebas de aceptación. Las pruebas de preferencia miden la selección de un producto frente a dos o más productos, mientras que las de aceptación miden el nivel de satisfacción, gusto o desagrado, hacia un producto, mediante una escala, al compararlo con otros. Según Stone y Sidel (2004), existe una relación directa entre la aceptación y la preferencia del producto, lo que mediante métodos de escala permite medir el grado de aceptación y calcular preferencias a partir de esos datos **(López y Delgado, 2015)**.

### **5.10 Análisis Instrumental**

#### **5.10.1 Textura (punción)**

La textura es un atributo de calidad utilizado en la industria de los alimentos, tanto en frescos como procesados, para evaluar la aceptabilidad y la calidad; entre las características principales encontramos la dureza, que es importante especialmente en frutas y verduras, ya que estima la frescura de ellas **(Konopacka y Plocharski, 2004)**.

Los factores constituyentes de la textura pueden ser evaluados por análisis descriptivos sensoriales o instrumentales. Por otro lado, la combinación del tiempo y el alto costo asociado con la percepción sensorial ha motivado el desarrollo y el uso generalizado de ensayos mecánicos empíricos que se correlacionan con las percepciones sensoriales del alimento **(Costa, 2011; Kim et al., 2012; Wang et al., 2007)**.

El análisis de punción se encarga de medir la fuerza requerida para introducir una sonda dentro de un alimento y medir su dureza o firmeza **(Bourne, 2002; Shain y Gülüm, 2009)**.

Una sonda esférica se desplaza hacia abajo sobre una muestra, que se ubica centralmente sobre un soporte circular, hasta el punto de fractura. La fuerza de punción es proporcional al área de la sonda.

Los instrumentos que se utilizan para los experimentos de punción, dibujan automáticamente curvas de fuerza contra distancia o fuerza contra tiempo, desde que la sonda entra en contacto con el alimento hasta que se desprende completamente **(Bourne,2002)**.

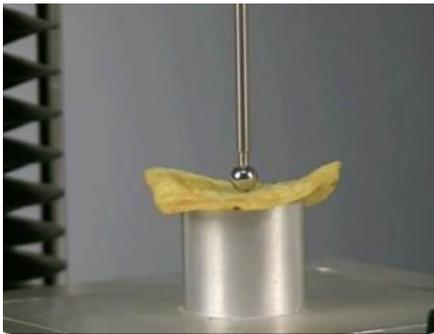


Figura 20. Medición de la fracturabilidad de fruta deshidratada utilizando la plataforma de soporte de fractura crujiente tomada de la página [texturolab.com](http://texturolab.com)

### 5.10.2 Color

Los consumidores manifiestan una fuerte preferencia por aquellos productos con apariencia que capte su atención y el color es el primer atributo que se juzga de los productos. Esto es decisivo ya que en innumerables pruebas se ha comprobado que cuando el color de un alimento cambia sin alterar su forma, aroma u otros atributos de textura, se obtienen una respuesta de rechazo por parte de los consumidores, o incluso de los jueces entrenados **(Badui, 2006)**.

Las mediciones de color pueden ser realizadas de formas visuales (con el ojo humano) o instrumentales con un colorímetro, o utilizando la visión digital **(Wu y Sun, 2013)**.

La Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), una organización sin fines de lucro que es considerada como la autoridad en la ciencia de la luz y el color ha desarrollado los sistemas más importantes y más utilizados en la actualidad para la descripción y medición del color, estos se basan en la utilización de fuentes de iluminación y observadores estándares.

Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen (1) CIE XYZ, (2) CIE L\*a\*b\* y (3) CIE L\*C\*h° (**Rettig y Ah-Hen,2014**).

El espacio de color L\*a\*b\*, también referido como CIE L\*a\*b\*, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usado para evaluar el color de un objeto.

La coordenada L\* recibe el nombre de luminosidad o claridad y, puede tomar valores entre 0 y 100. Las coordenadas colorimétricas a\* y b\* forman un plano perpendicular a la coordenada L\*. La a\* define la desviación del punto acromático correspondiente a la luminosidad hacia el rojo si a\* es positiva, y hacia el verde si a\* es negativa. Análogamente la coordenada b\* define la desviación hacia el amarillo si b\* es positiva, y hacia el azul si b\* es negativa (**Rettig y Ah-Hen,2014**).

## **6. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la gran cantidad de frutas y verduras que se desperdician en el mundo, por ser altamente perecederas y que no se cuentan con las condiciones de control, transporte adecuadas para preservarlas, resulta necesario buscar alternativas para alargar la vida útil de los alimentos. Los alimentos deshidratados son una alternativa que permite mantener la integridad e inocuos los alimentos por más tiempo debido a que se reduce el contenido de humedad disminuyendo a su vez su actividad enzimática y la capacidad de los microorganismos de desarrollarse sobre los alimentos.

Otra de las ventajas que ofrecen este tipo de alimentos es que debido a que se producen por temporadas, al deshidratar frutas y verduras podemos encontrarlas en diferentes épocas del año.

Además, deshidratar alimentos con energía geotérmica garantiza el uso de una tecnología limpia que usa la energía ya disponible en diferentes lugares del país.

En el presente trabajo de investigación se evaluaron diferentes lotes de piña deshidratada los cuales fueron proporcionados por iiDEA® (Instituto de Ingeniería, Desalación y Energías alternas) quienes desarrollaron el deshidratador geotérmico DGA200.

## 7. MATERIAL Y METODOLOGIA

En la Figura 21 se muestra la estrategia experimental llevada a cabo para el desarrollo de las actividades para el cumplimiento de los objetivos de este estudio:

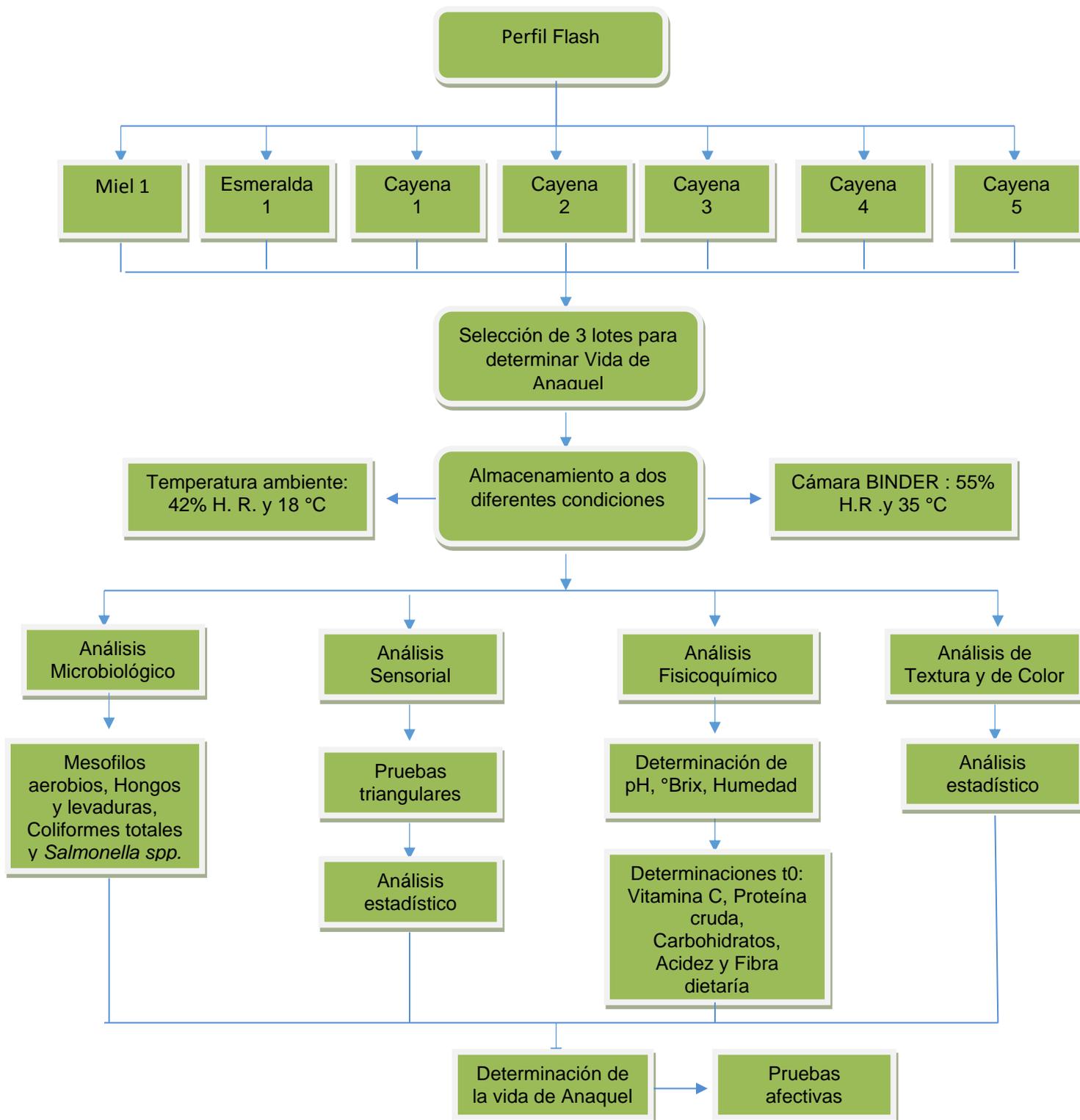


Figura 21. Método de elaboración y determinaciones llevadas a cabo en el estudio.

## 7.1 Muestras

La deshidratación de la piña se realizó en el estado de Nayarit utilizando un deshidratador geotérmico DGA200.

Se partió inicialmente de siete lotes de piñas deshidratadas de tres diferentes variedades (Esmeralda, Cayena y Miel). La presentación fue en rebanadas de 5 mm de espesor.

Tabla 4. Muestras de iiDEA® evaluadas

Variedad	Fecha de deshidratación	Con o sin centro	Empaque	Código	Condiciones de deshidratación
<b>Miel</b>	08122018	Sin	Celofán	Miel 1	17-76 °C , 15.5 hrs.
<b>Cayena</b>	09122018	Sin	Celofán	Cayena 1	53-67 °C ,15.5 hrs
<b>Esmeralda</b>	11122018	Sin	Celofán	Esmeralda 1	53-65 °C , 20 hrs.
<b>Cayena</b>	12122018	Con	Celofán	Cayena 2	61-63 °C ,18 hrs.
<b>Cayena</b>	15122018	Sin	Celofán	Cayena 3	23-66 °C 16 hrs.
<b>Cayena</b>	19122018	Sin	Celofán	Cayena 4	16-49 °C 16 hrs.
<b>Cayena</b>	21122018	Sin	Celofán	Cayena 5	40-73 °C 18 hrs.

Cabe mencionar que los siete lotes solo se utilizaron para la realización de perfil Flash, después se seleccionaron solo tres para las determinaciones microbiológicas, sensoriales, color y textura:

- Miel 1
- Esmeralda 1
- Cayena 4

Para las pruebas con consumidores se consiguieron cuatro muestras comerciales de piña: dos de ellas deshidratadas y las otras dos cristalizadas (Tabla 5) para ver el nivel de agrado comparándolas con muestras deshidratadas con energía geotérmica de iiDEA®.

Tabla 5. Muestras comerciales

Muestra	Código	Marca	Origen o proveedor	Presentación	Empaque
<b>Piña Deshidratada</b>	834	Desifrut	Tecomán, Colima, teléfono :314 120 39 03	rebanadas	Bolsa plástica
<b>Piña Deshidratada</b>	178	Casa Mageral	Deshidratados Integrales de México SA de CV Fuente Minerva 5329 Zapopan , Jalisco, C.P. 45030	troceado	Bolsa de polietileno de alta densidad
<b>Piña Cristalizada 1</b>	130	Sin marca	Productos juquilita, Calle rosario 104, Col. Merced Balbuena, Centro Tel. 55428818, CDMX, C.P. 15110	rebanadas	Bolsa plástica
<b>Piña Cristalizada 2</b>	715	Sin marca	Avenida circunvalación S/N, La merced, Centro, CDMX, Mercado ampudia puerta No. 4 Loc.42	rebanadas	Celofán

## 7.2 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico se determinaron: Mesófilos aerobios con base en la Norma Oficial Mexicana NOM 092-SSA1-1994; Coliformes totales con base en la Norma Oficial Mexicana 112-SSA1-1994; hongos y levaduras con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994; *Salmonella spp.* mediante pruebas rápidas Compact Dry.

Los materiales, medios y reactivos utilizados para los análisis se resumen en la tabla 6.

Tabla 6. Materiales, equipos, medios y reactivos para las determinaciones microbiológicas

DETERMINACION	MATERIALES , EQUIPOS, MEDIOS Y REACTIVOS
<b>Para cada muestra</b>	50 gramos de cada lote 99 ml de Buffer por lote NaOH al 0.1 N para neutralizar 3 tubos con 9 ml de Buffer para diluciones por lote
<b>Mesófilos aerobios</b>	108 ml de medio AGTEL p/lote 6 cajas Petri p/lote Pipeta de 1 ml p/lote Incubadora a 37°C
<b>Hongos y levaduras</b>	108 ml de medio PDA p/lote 6 cajas Petri p/lote Pipeta de 1 ml p/lote 1.4 ml Acido tartárico al 10% por cada 100 ml de medio PDA por lote Incubadora a 28°C
<b>Coliformes totales</b>	3 tubos con 10 ml concentración doble de Caldo Lactosa Lauril Sulfato de sodio (CLLSS) con campana de Durham 6 tubos de concentración sencilla de CLLSS con campana de Durham Incubadora a 37°C
<b><i>Salmonella spp.</i></b>	225 ml de Caldo de enriquecimiento para <i>Salmonella spp.</i> por lote Pipeta de 1 ml Incubadora a 37°C

	2 Compact dry SL por lote Incubadora a 42 °C
--	-------------------------------------------------

### 7.3 Presentación de las muestras para la evaluación sensorial

Todas las muestras del presenta trabajo se prepararon en el Laboratorio de Evaluación Sensorial del anexo del Laboratorio 4D, edificio A, Facultad de Química.

Para la evaluación sensorial se colocó una rebanada de piña deshidratada (Figura 21a).

En las pruebas triangulares y en prueba de consumidores se presentó  $\frac{1}{4}$  de rebanada de piña deshidratada de cada muestra (figura 21b).

Todas las muestras se identificaron con códigos de tres dígitos y se dieron a temperatura ambiente. También se les proporcionaba a los evaluadores un vaso de agua y galletas habaneras para que se enjuagaran el paladar entre cada muestra. Además de ser necesario se les proporcionaba más muestra, agua o galletas habaneras.

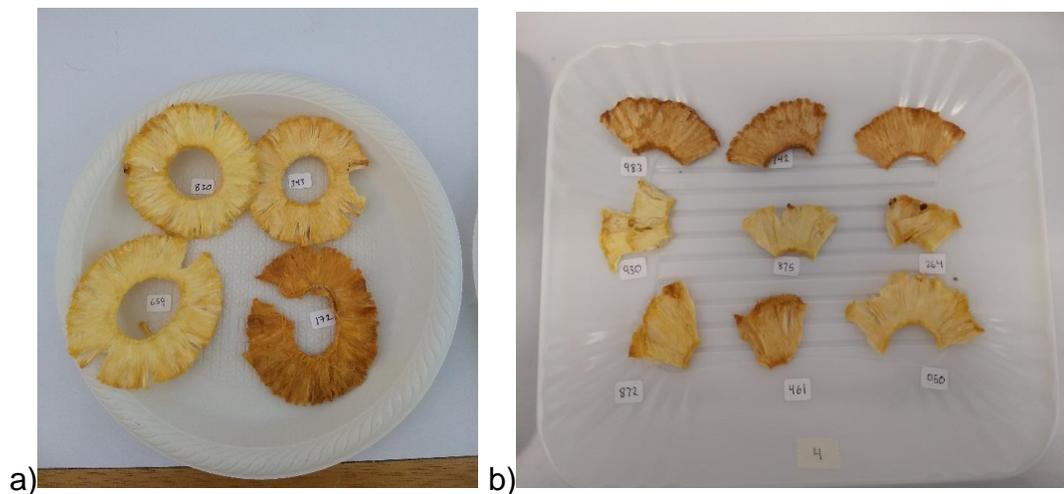


Figura 21. Presentación de muestras para a) Evaluación sensorial b) Pruebas triangulares y prueba con consumidores.

Fotografía por: Daniel Gómez

### **7.3.1 Grupo de jueces**

En la evaluación participaron 18 jueces entrenados en metodología descriptiva con un rango de edad de 21 a 47 años de edad todos ellos estudiantes de la Facultad de Química. Cabe destacar que este panel ya tenía un año y medio participando en diferentes pruebas sensoriales por lo cual ya tenían experiencia en diferentes tipos de alimentos como helados, alimentos deshidratados, edulcorantes, chocolates por mencionar algunos.

### **7.3.2 Evaluación de Perfil Flash**

En la primera sesión se les presentaron cuatro muestras de piña deshidratadas (Esmeralda 1, Miel 1, Cayena 3 y Cayena 4) y se les pidió a los jueces que generaran los atributos sensoriales de aspecto, olor, sabor, textura y resabio de cada una de las muestras.

En la segunda sesión de manera grupal se elaboró una lista consenso de atributos (eliminando sinónimos, terminología ambigua o afectiva) y se definieron las escalas en que se evaluaría cada atributo.

En una tercera sesión se empezaron a evaluar los lotes de piña deshidratada dividido en dos sesiones: una de cuatro muestras (Esmeralda 1, Miel 1, Cayena 3 y Cayena 4) y la otra de tres muestras (Cayena 1, Cayena 2 y Cayena 5). Todos los cuestionarios fueron realizados en el software de FIZZ acquisition 2.51.



Figura 22. Evaluación sensorial de piña deshidratada  
Fotografía por: Daniel Gómez

### 7.3.3 Evaluación pruebas discriminativas: triangulares

Con base en los resultados del perfil Flash se seleccionaron tres lotes de piña deshidratada que mostraron diferencia significativa para hacer las evaluaciones microbiológicas, sensoriales, color y textura.

Los tres lotes de piña deshidratada se almacenaron a condiciones ambientales: 42% de HR y 20 °C y en una cámara de vida acelerada marca BINDER con las siguientes condiciones: 55% de HR y 35 °C. Estas condiciones fueron elegidas porque fueron las condiciones climáticas de la CDMX (condiciones ambientales) donde se realizó el estudio y el promedio de las condiciones climáticas de la ciudad de Nayarit y de Hermosillo que es donde se van a almacenar y vender los alimentos ya deshidratados y las condiciones más altas de México (**INEGI del año 2018**).



Figura 23. Cámara de vida acelerada marca BINDER  
Fotografía por: Daniel Gómez



Figura 24. Muestras de piña deshidratada con energía geotérmica en cámara de vida acelerada marca BINDER.  
Fotografía por: Daniel Gómez

Todos los análisis fueron calendarizados de acuerdo al cuadro que se muestra en la tabla 7, marcados previamente los empaques para cada análisis y el número de semana en el que se trabajarían.

Tabla 7. Calendarización de los análisis de piña deshidratada.

MESES	SEMANA	FECHA	MICROBIOLÓGICOS		TEXTURA, COLOR Y SENSORIALES		FISICOQUÍMICO
			MUESTRA AMBIENTE	MUESTRA CÁMARA	MUESTRA AMBIENTE	MUESTRA CÁMARA	
1	1	21 - 25 ENERO	1er mes				
	2	28 ENERO - 1 FEBRERO		1a semana	1er mes		1 mes ambiente
	3	4 - 8 FEBRERO				1a semana	
	4	11 - 15 FEBRERO				2a semana	
2	5	18 - 22 FEBRERO	2o mes	4a semana			
	6	25 FEBRERO-01 MARZO			2o mes	4a semana	
	7	4 - 8 MARZO		6a semana			
	8	11 - 15 MARZO				6a semana	
3	9	18 - 22 MARZO	3er mes	8a semana			
	10	25 - 29 MARZO		9a semana	3er mes	8a semana	
	11	1 - 5 ABRIL		10a semana			
	12	8 - 12 ABRIL		11a semana		10a semana	
4	13	15 - 19 ABRIL					
	14	22 - 26 ABRIL	4o mes + 1 semana	13a semana			
	15	29 - 3 MAYO			4o mes + 1 semana	13a semana	13a semana
	16	6 - 10 MAYO					
5	17	13 - 17 MAYO	5o mes				
	18	20 - 24 MAYO			5o mes		
	19	27 - 31 MAYO					
	20	3 - 7 JUNIO					
6	21	10 - 14 JUNIO	6o mes $\mu$				
	22	17 - 21 JUNIO			6o mes JL		

## 7.4 Análisis instrumental

### 7.4.1 Color

Para el análisis de color se midieron los parámetros de color a temperatura ambiente, utilizando el sistema CIE,  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , con espectrofotómetro Minolta CM- 3600 d. Las piñas deshidratadas se envolvieron en papel Kleen pack, y se ajustó el equipo con un área de visión pequeña, iluminante D65 y se evaluaron 6 réplicas por muestra.

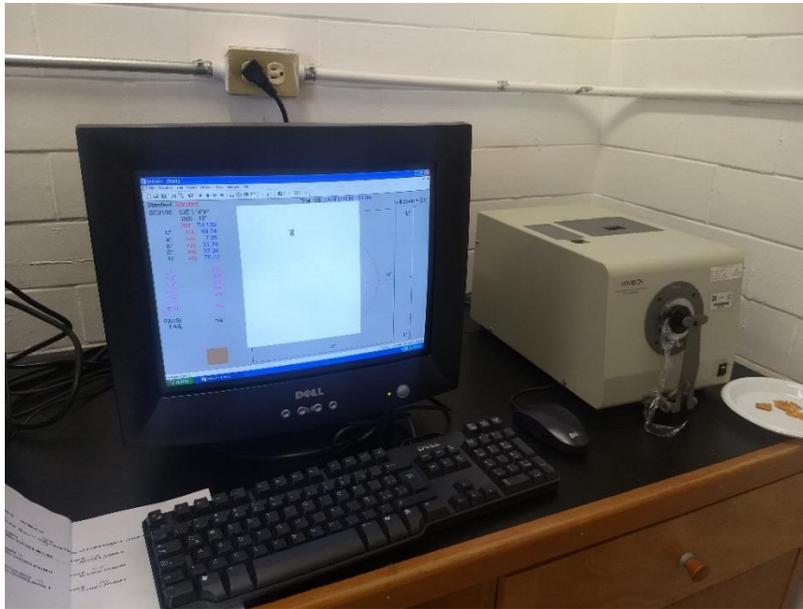


Figura 25. Medición de color de piña deshidratada.  
Fotografía por: Daniel Gómez

### 7.4.2 Textura (punción)

Para analizar la textura se llevó a cabo un análisis de punción utilizando una sonda cónica de 2mm de diámetro (P/2N), con el equipo TA.XT2i, Texture Analyzer Stable Micro Systems, software Texture Expert EXCED® a una fuerza de 0.7 N y una velocidad de 2mm/seg., a temperatura ambiente, se evaluaron 6 repeticiones por muestra.

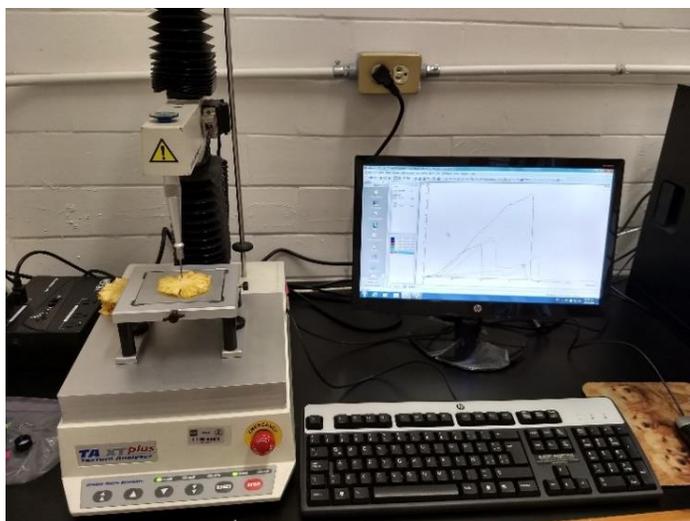


Figura 26. Medición de textura (punción) de piña deshidratada.  
Fotografía por: Daniel Gómez

## 7.5 Pruebas afectivas

Se llevaron a cabo dos sesiones de evaluación de pruebas afectivas para evaluar piña deshidratada con energía geotérmica. En la primera sesión se evaluó la muestra de piña deshidratada (Esmeralda 1) contra dos muestras comerciales de piña deshidratada (Desifrut y Casa Mageral) y en la segunda sesión se evaluó la muestra de piña deshidratada (Cayena 4) contra dos muestras comerciales de piña cristalizada (Cristalizada 1 y Cristalizada 2). Las muestras de Esmeralda 1 y Cayena 4 fueron seleccionadas para estas pruebas debido a que fueron las muestras que se trabajaron en las determinaciones de color, textura y sensoriales, además de que físicamente fueron muy similares en cuanto a color a las comerciales deshidratadas y comerciales cristalizadas. Aunque es clara la diferencia entre una muestra deshidratada y una cristalizada se realizó la prueba afectiva con estas debido a que fueron fácilmente conseguidas dentro de los distintos puntos de venta en la CDMX.

En cada sesión se invitó a un mínimo de 110 personas de la Facultad de Química para evaluar piña deshidratada, y contestar el cuestionario. (Figura 27 y 28).

En la evaluación de la prueba de nivel de agrado se presentó una escala estructurada de 9 puntos (Tabla 8).

Tabla 8. Escala hedónica

Escala hedónica	Valor correspondiente
Me disgusta muchísimo	1
Me disgusta mucho	2
Me disgusta	3
Me disgusta poco	4
Ni me gusta ni me disgusta	5
Me gusta poco	6
Me gusta	7
Me gusta mucho	8
Me gusta muchísimo	9



Figura 27. Sesión afectiva de piña deshidratada con energía geotérmica de iiDEA® y muestras comerciales de piña deshidratada.

Fotografía por: Daniel Gómez



Figura 28. Sesión afectiva de piña deshidratada con energía geotérmica de iiDEA® y muestras comerciales de piña cristalizada.  
Fotografía por: Daniel Gómez

## 7.6 Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo mediante el software XLSTAT 2012, addinsoft, versión 10.0.

**Terhaag y Benassi (2010)** afirman que los datos sensoriales generados mediante la metodología descriptiva como el Perfil Flash pueden ser evaluados por el Análisis Procrustes Generalizado (GPA), debido a que esta herramienta estadística elimina las diversas fuentes de variación entre los consumidores, con el cual se obtiene el mapa sensorial basado en el consenso de los mismos. El GPA se considera un análisis exploratorio de datos multivariados y proporciona una interpretación gráfica de las distancias entre muestras, lo que se denomina espacio sensorial de atributos. Este análisis bidimensional usa traslación, rotación y escalamiento para obtener la posición media de los productos (**Tarea et al., 2007; Gómez et al., 2010; Ramírez et al., 2010**).

Para analizar los datos provenientes del perfil Flash se aplicó el Análisis de Procrustes Generalizado. El Análisis de Procrustes Generalizado estima el factor de escala aplicado

al uso de la escala de los encuestados, generando un factor de ponderación que se utiliza para compensar las diferencias de uso de la escala individual.

El análisis de componentes principales (PCA) es un método muy útil para analizar datos numéricos estructurados en una tabla de M observaciones / N variables. Permite:

- Visualizar y analizar rápidamente las correlaciones entre las N variables,
- Visualizar y analizar las M observaciones (inicialmente descritas por las N variables) en un mapa de menos dimensiones, la vista óptima para un criterio de variabilidad,
- Construir un conjunto de P factores correlacionados (**XLSTAT,2017**)

A diferencia de medidas como el PCA, el GPA utiliza datos de nivel individual y se utiliza una medida de variación en el análisis.

Los datos provenientes de la prueba de nivel de agrado para la prueba con consumidores se analizaron con ANOVA (Análisis de Varianza) a una vía a un  $\alpha=0.05$  y DMS (Diferencia Mínima Significativa) que permitieron determinar si existía diferencia estadísticamente significativa entre las muestras.

Además, se hizo el análisis Internal Preference Mapping. El Preference Mapping (Prefmap) tiene como objetivo construir mapas de preferencia del consumidor por tipo de producto. Un mapa de preferencia representa una ayuda para la toma de decisiones importante en todos los estudios, que relaciona una configuración de objetos como resultado de un análisis previo (ACP, ACM, MDS) y un cuadro de datos complementarios detallando estos objetos (atributos o datos de preferencia) (**XLSTAT,2019**).

Hay dos métodos diferentes de Preference Mapping:

Internal preference mapping

External preference mapping

El internal preference mapping (IPM) se basa en el análisis de componentes principales (PCA) que permitir identificar qué productos corresponden a ciertos grupos de consumidores (**XLSTAT,2019**).

Los datos utilizados en internal preference mapping es una tabla de jueces o clientes que califican los productos. La representación general del internal preference mapping es la proyección de los productos en el espacio definido por los jueces. Cuantos más jueces rodean un producto, más gusta ese producto en particular **(XLSTAT,2019)**

Si bien el PCA no filtra las variables, esta herramienta (IPM) permite eliminar (después del paso de PCA) de los gráficos los jueces que no se muestran lo suficientemente bien en un mapa bidimensional dado. La medida de qué tan bien se proyecta un punto desde un espacio d-dimensional a un mapa bidimensional se denomina comunalidad. También se puede entender como la suma de los cosenos cuadrados entre el vector y los ejes del subespacio. El biplot que se produce entonces no es un biplot verdadero, ya que todos los jueces retenidos se mueven en un círculo virtual que rodea los puntos del producto para facilitar la interpretación visual. **(XLSTAT, 2019)**

Por último, para los datos de la prueba de preferencia con consumidores se utilizó el análisis de la Prueba de Friedman para determinar si las muestras eran iguales o diferentes entre ellas.

## **8. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **8.1 Generación de atributos**

Se elaboró en el software de FIZZ acquisition 2.51, un cuestionario de “Generación de atributos” que consistía en que cada evaluador describiera el producto en cuestión de los atributos que identificara agrupadas en cinco grupos: aspecto, olor, sabor, textura y resabio.

Para esto se utilizaron los siete lotes de piña deshidratadas descritos en la Tabla 4. En la evaluación participaron 15 jueces entrenados en metodología descriptiva con un rango de edad de 21 a 47 años de edad.

En una sesión posterior de manera grupal se elaboró una lista consenso de atributos (eliminando sinónimos, terminología ambigua o afectiva) y se seleccionó las escalas en las cuales se evaluarían (Tabla 9).

Tabla 9. Atributos definidos para evaluación de Perfil Flash

Aspecto	Textura	Olor	Sabor	Resabio
capa blanca	adhesividad	acaramelado	acido	amargo
color	crujiente	Cítrico	astringente	
fibrosidad	dureza	dulce	caramelo	
homogeneidad	fracturable	intensidad	dulce	
Puntas marrón	masticable	piña	intensidad	
tostado	rugosa	fermentado	piña	
		tostado		

A partir de la cuarta sesión se inició la evaluación del Perfil Flash para medir la intensidad de los atributos, utilizando una escala de intervalo de 9 puntos donde 1 representa la mínima intensidad del estímulo y 9 máxima intensidad.

## 8.2 Generación de Perfil Flash

Se realizó en el software de FIZZ acquisition 2.51, un cuestionario de “Perfil Flash”, en el cual se incluían los atributos y las escalas para evaluar cada uno de los siete lotes de piña deshidratada, esta evaluación se dividió en dos sesiones en una se evaluaron cuatro muestras y en la siguiente tres muestras.

En la primera sesión se evaluaron los lotes de: Miel 1, Esmeralda 1, Cayena 3 y Cayena 4. Mientras que en la segunda sesión se evaluaron los lotes: Cayena 1, Cayena 2 y Cayena 5.

En ambas sesiones evaluaron un total de 15 jueces entrenados en un rango de edad entre los 21 - 47 años de edad.

En la Figura 29, se muestran los resultados del GPA para aspecto y textura de los 7 lotes de piña deshidratada, el PCA de los resultados explica el 71.42% de la variabilidad de las

muestras. El componente F1 explica el 56.15 % de la variabilidad de los datos; correlacionados a este de manera positiva, se encuentran los atributos de aspecto: color, fibrosidad, puntas marrón, tostado, y en textura: crujiente, fracturabilidad, y rugosidad. El componente F2 explica el 15.27% de la variabilidad.

Entre los lotes de piña cayena se observa diferencia en función de las condiciones de deshidratación (temperatura y tiempo de deshidratación), esto se explica porque la muestra (Cayena 5) fue deshidratada a una temperatura de 40-73 °C durante 18 hrs. por lo que presentó un color tostado con puntas marrones y la muestra (Cayena 2) fue el único lote que tenía el centro de la piña.

Los lotes de Miel 1 y Cayena 5 se deshidrataron a temperaturas mayores de los 70°C por lo que se encuentran en el mismo cuadrante y se correlacionan a los atributos de aspecto; color, puntas marrón y tostado. El lote de Cayena 3 fue diferente a todos los demás y se caracterizó por su fibrosidad, textura crujiente, rugosa y fracturable debido a que no se controló la temperatura de entrada a la cámara empezando desde los 23°C hasta llegar a los 66°C. Por otro lado, los lotes de Cayena 2 y Cayena 1 fueron similares debido a que la temperatura de deshidratación de estos lotes se mantuvo entre los 53-67°C y se caracterizaron por dureza y su masticabilidad. Los lotes de Esmeralda 1 y Cayena 4 fueron similares en aspectos de homogeneidad, capa blanca y su adhesividad.

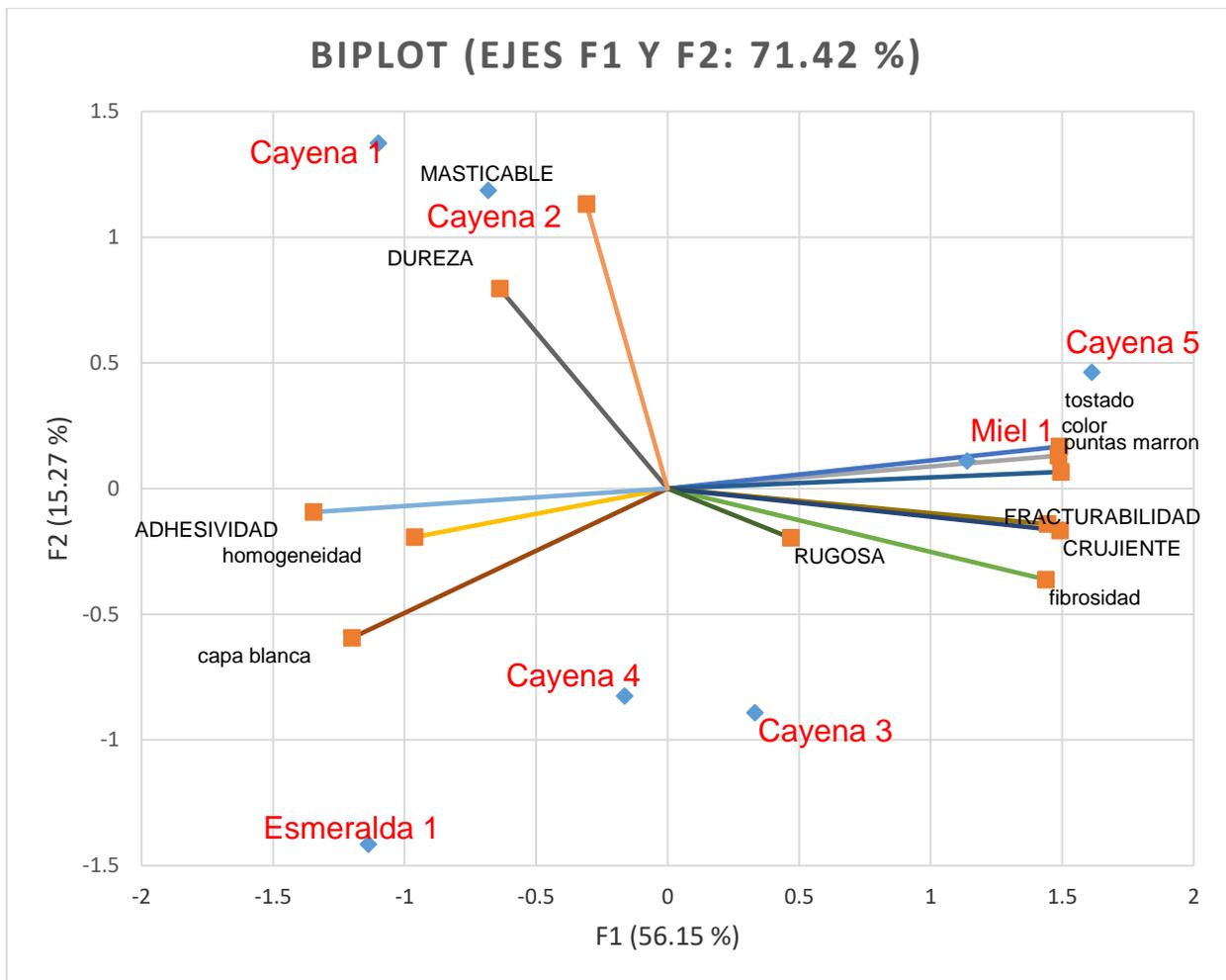


Figura 29. PCA obtenido de un GPA para los atributos de aspecto y textura de piñas deshidratadas del estado de Nayarit: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5.

En la Figura 30 se muestran los resultados del GPA para los atributos de olor, sabor y resabio. El análisis explica el 60.59% de la variabilidad de las muestras. El componente F1 explica el 35.13 % de la variabilidad de los datos, correlacionados a este de manera positiva se encuentran los atributos de olor: acaramelado, intensidad, piña y tostado, y los atributos de sabor: ácido, astringente, dulce, caramelo, intensidad. El componente F2 explica el 25.45% de la variabilidad, correlacionados al eje positivamente están los atributos en olor: acaramelado, dulce, intensidad, fermentado y tostado, sabor: ácido, astringente, caramelo e intenso y resabio amargo.

El lote de Cayena 5 se caracterizó por su olor intenso, acaramelado y tostado, su sabor: amargo, astringente, caramelo e intenso, este resultado se explica porque esta muestra fue deshidratada por arriba de los 70°C y eso provocó que las muestras tuvieran un cierto grado de caramelización. Los lotes de piña Cayena 1 y Cayena 2 fueron similares en cuanto a su olor a piña y sabor dulce y se deshidrataron en un rango de 53-67°C. El lote de Esmeralda 1 se caracterizó por su olor cítrico y sabor a piña, mientras que los lotes de Miel 1, Cayena 3 y Cayena 4 fueron similares ya que presentaron notas de olor dulce y

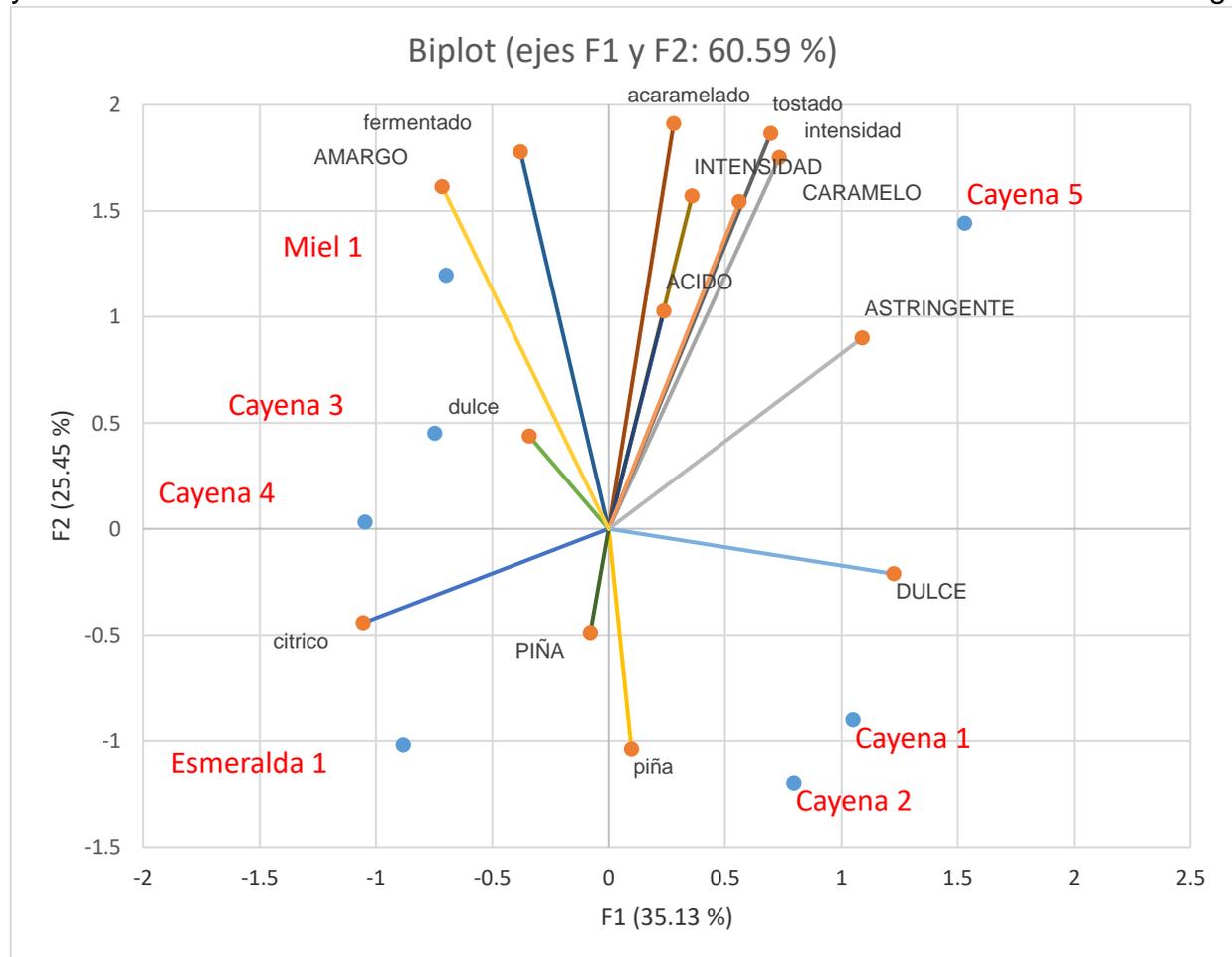


Figura 30. PCA de olor, sabor y resabio de piñas deshidratadas del estado de Nayarit: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5.

Con base en los resultados del perfil, se seleccionaron 3 lotes de piña deshidratada: Miel 1, Esmeralda 1 y Cayena 4 ya que mostraron semejanzas en cuanto a sus atributos sensoriales. Estas muestras se eligieron para estudiar las 3 variedades de piña y observar su evolución a lo largo del tiempo de almacenamiento, mediante las determinaciones microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas.

Los tres lotes de piña deshidratada se almacenaron a temperatura ambiente (18°C y 42%HR) y en una cámara de vida acelerada marca BINDER con las siguientes condiciones: 55% de HR y 35 °C.

### 8.3 Análisis microbiológico

En la tabla 10 se muestran los resultados de Mesófilos aerobios que se determinaron en las muestras de piña almacenadas en cámara de vida acelerada y en temperatura ambiente; en ella se puede observar que en general las muestras en cámara de vida acelerada en la 1er. semana en estudio ya están por encima de los límites propuestos, a pesar de ello, para conocer la velocidad del deterioro se evaluaron las muestras en la 4ta. semana, observándose que los valores en la piña miel y esmeralda ya eran incontables. En cuanto a las muestras a temperatura ambiente, se evaluaron en el 1er, 2do, 3er. y 4to mes, observándose que los valores están dentro de las especificaciones propuestas pero van en aumento conforme pasan los meses.

Tabla 10: Determinación de Mesófilos aerobios en piña deshidratada.

SEMANA(CAMARA BINDER)	CAYENA	MIEL	ESMERALDA	NORMA
	Mesófilos aerobios UFC/ml			Mesófilos aerobios UFC/ml
1	960	820	930	500
4	11 x10 <sup>2</sup> v.e.	MNP	MNP	
<b>MES (TEMPERATURA AMBIENTE)</b>				
1	80	200	230	
2	160	410	440 c.e.	
3	200 v.e.	50 v.e.	100 v.e.	
4	200 v.e.	220 c.e.	180 v.e.	

MNP= muy numerosos para contar  
v.e. =valor estimado  
c.e. =crecimiento extendido

En la tabla 11 se muestran los resultados de Coliformes totales, en ella se puede observar que todas las muestras de piña deshidratada en cámara como las de temperatura ambiente están dentro de las especificaciones del parámetro establecido.

Tabla 11: Determinación de Coliformes totales en piña deshidratada.

SEMANA BINDER)	(CAMARA	CAYENA	MIEL	ESMERALDA	NORMA
	Coliformes totales (Brilla)				UFC/g
1		<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	25
4		<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	
<b>MES (TEMPERATURA AMBIENTE)</b>					
1		<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	
2		<0.3 s.m..	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	
3		<0.3 s.m..	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	
4		<0.3 s.m..	<0.3 s.m.	<0.3 s.m.	

s.m.=sensibilidad del método

En la Tabla 12 se muestran los resultados de *Salmonella spp.* en ella se puede observar que en todas las muestras de cámara y temperatura ambiente tienen ausencia del microorganismo y cumplen con las características propuestas.

Tabla 12: Determinación de *Salmonella spp* en piña deshidratada.

SEMANA BINDER)	(CAMARA	CAYENA	MIEL	ESMERALDA	NORMA
	<i>Salmonella spp.</i> En 25 g				<i>Salmonella spp.</i> En 25 g
1		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
4		Ausencia	Ausencia	Ausencia	
<b>MES (TEMPERATURA AMBIENTE)</b>					
1		Ausencia	Ausencia	Ausencia	
2		Ausencia	Ausencia	Ausencia	
3		Ausencia	Ausencia	Ausencia	
4		Ausencia	Ausencia	Ausencia	

En la tabla 13 se muestran los resultados de Hongos y levaduras en ella se puede observar que en las muestras en cámara de piña cayena y miel se encuentran dentro de especificaciones, no así la piña esmeralda que desde la primera semana ya estaba fuera de especificaciones. Las muestras a temperatura ambiente se consideran inocuas hasta

el tercer mes, mientras que en el cuarto mes las tres muestras estuvieron por arriba del valor establecido.

Tabla 13: Determinación de hongos y levaduras en piña deshidratada.

SEMANA BINDER)	(CAMARA	CAYENA	MIEL	ESMERALDA	NORMA
	Hongos y levaduras UFC/ml			Hongos y levaduras UFC/g	
1	75 v.e.	20 v.e.	29 x 10 <sup>2</sup>	300	
4	100	100 v.e.	17x10 <sup>2</sup>		
MES (TEMPERATURA AMBIENTE)					
1	50 v.e.	40 v.e.	320		
2	100	90	100		
3	250 v.e.	<10 s.m.	200 v.e.		
4	860	330	700		

v.e.=valor estimado

s.m.=sensibilidad del método

Todas las muestras, tanto de cámara como de temperatura ambiente cumplieron las especificaciones para Coliformes totales y *Salmonella spp.*

En las muestras a temperatura ambiente los primeros tres meses cumplían con los parámetros establecidos y al evaluar el cuarto mes observamos que en la cuenta de Hongos y levaduras ya pasan el límite establecido.

Se sabe que la flora natural inicial presente, esta generalmente asociada con el hábitat de la fruta u hortaliza, incluye generalmente bacterias, mohos y hongos. En general, el tejido interno de estos productos se encuentra libre de carga microbiana, estando la flora presente asociada con la superficie, específicamente con la epidermis y hojas superficiales, en el caso de productos vegetales (**Barreiro y Sandoval, 2006**).

Al visualizar los resultados observamos que el proceso de deshidratación no está estandarizado ya que los valores en las determinaciones son altos para un alimento deshidratado en cuanto a Mesófilos aerobios y Hongos y levaduras. También observamos que los resultados varían dependiendo de las condiciones del deshidratado

en cuanto a la temperatura y el tiempo que duro el proceso. Esto da un tiempo de vida muy corto para un alimento deshidratado que tiene como finalidad disminuir las reacciones microbiológicas y enzimáticas.

Una vez deshidratada la piña, puede contaminarse con la manipulación, con superficies contaminadas y en el almacenamiento, esto se puede reflejar en una cuenta alta de microorganismos.

En jitomate deshidratado por ejemplo se pueden desarrollar algunas especies de hongos, principalmente del género *Alternaria*, que son capaces de producir micotoxinas como el alternariol monometil éter y ácido tenuazonico. Si bien, el riesgo de desarrollo de estos hongos y producción de toxinas puede reducirse mediante refrigeración **(Forsythe, 2002)**.

La microbiota de las frutas deshidratadas comprende sobre todo levaduras (*Candida*, *Hanseniaspora*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces*) y mohos (*Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Eurotium*, *Penicillium*, *Xeromyces*) **(Hocking y Pitt , 1997)**. 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)**

Además de que el proceso de deshidratación no estaba estandarizado, el tipo de empaque fue muy permeable al ambiente ya que era de celofán y empacadas de manera manual. Estos factores, pudieron favorecer el desarrollo de estos microorganismos (Mésofilos aerobios y Hongos y levaduras).

#### **8.4 Pruebas discriminativas (triangulares)**

Para comparar los cambios en las características sensoriales que pudieran presentar las muestras en cámara Binder con las siguientes condiciones: 55% de HR y 35 °C y a temperatura ambiente (18°C y 42%HR) con respecto al estándar (que fue una muestra del mismo lote, pero empacadas al vacío y almacenadas a 16°C y en la obscuridad (Figura 31 y 32), se utilizaron las pruebas triangulares.



Figura 31. Muestras empacadas en celofán almacenadas en cámara



Figura 32. Muestras empacadas al vacío y almacenadas en oscuridad a temperatura ambiente

Los resultados obtenidos de Fizz acquisition 2.51 se analizaron calculando el valor de Chi 2 con un  $\alpha=0.05$ , para compararlo con el valor de Chi 2 de tablas (2.71) y encontrar si hay diferencia significativa entre las muestras.

Debido a que las muestras en cámara desde la primera semana ya no estaban dentro de los límites microbiológicos y por lo tanto no tenían condiciones de inocuidad, no se llevaron a cabo las pruebas triangulares de estas muestras.

En las muestras almacenadas a temperatura ambiente (Tabla 14), solo se evaluó la piña Miel y Cayena ya que estas cumplían con los límites microbiológicos en el primer mes. En la prueba triangular realizada, no se encontró diferencia en la muestra de piña Miel con respecto a la referencia, pero si en la muestra Cayena. Por otro lado, en el mes dos, la muestra de cayena no mostró diferencia, pero si la muestra de piña miel. Esto se pudo deber a que las piñas presentaron un aspecto heterogéneo lo que dificultó hacer la comparación.

En el tercer mes las dos muestras mostraron diferencia significativa respecto al control, por que entre más avanzaban los meses las muestras se diferenciaban físicamente en la textura y color. Las muestras a vacío aun conservaban el color amarillo característico de la piña y la textura crujiente, características que no se mantuvieron en las muestras

empacadas en celofán y a temperatura ambiente. Esta diferencia se debe a que la permeabilidad del empaque permitió que las muestras a temperatura ambiente adquirieran humedad del medio y por lo tanto modificara su textura haciéndola menos crujiente.

Tabla 14. Chi 2 calculada y de tablas en muestras a temperatura ambiente.

MES (TEMPERATURA AMBIENTE)	CAYENA	MIEL	ESMERALDA	
	Valor de Chi 2 tablas			Valor de Chi 2 tablas
1	12.67*	0.07	no se evaluó	2.71
2	0.007	7.50*	no se evaluó	2.71
3	9.24*	3.47*	No se evaluó	2.71

\*diferencias estadísticamente significativas

## 8.5. Análisis Fisicoquímico

### 8.5.1 Humedad

Se determinó la humedad de los primeros siete lotes de piña deshidratada por el método de secado por estufa (Tabla 15), en esta tabla podemos observar que la muestras con menor humedad fueron Cayena 5 que se deshidrató a mayor temperatura y la muestra Cayena 3 que tuvo la menor humedad. Podemos observar que la humedad de las muestras varió desde un 2% a un 6% debido a que fueron distintas variedades de piñas deshidratadas en diferentes lotes y diferentes condiciones. Estas variaciones pudieron deberse a que el proceso aún no está estandarizado en cuanto a la madurez de las piñas al momento de deshidratarlas, tiempo de secado y la temperatura del proceso. Estas variables afectaron el producto obtenido variando las características sensoriales.

Tabla 15. Determinación de humedad (%) en lotes de piña deshidratada

LOTE	Miel 1	Cayena 1	Esmeralda 1	Cayena 2	Cayena 3	Cayena 4	Cayena 5
Humedad %	4.06%	3.06%	4.73%	5.11%	2.03%	3.53%	2.71%

Se determinó también la humedad de los tres lotes estudiados: Miel 1, Esmeralda 1 y Cayena 4 al final de la realización de las pruebas triangulares (1er. y 4ta. semana) y se determinó también la humedad de las muestras en la 2da. semana en cámara para observar cómo estaba variando la humedad de las muestras (Tabla 16).

Se observó en general, que aumento la humedad de las muestras al ser expuestas en condiciones de humedad del 55% en la cámara Binder y al estar en un empaque permeable, esto explica el corto tiempo de vida de las muestras en cámara ya que el aumento de la humedad de las muestras propicio el crecimiento de hongos y levaduras y Mesófilos aerobios otro factor que pudo propiciar este crecimiento pudo haber sido la higiene con que fue manejada la piña deshidratada, ya que pudo haberse contaminado durante la manipulación del producto antes del empaqueo. El mayor aumento de humedad se observó en la piña Cayena de 9.25 a 9.45.

Tabla 16. Determinación de humedad (%) de las muestras en cámara

<b>1 er. semana en cámara</b>			
<b>VARIEDAD</b>	Miel	Esmeralda	Cayena
<b>Humedad %</b>	8.37	7.68	9.25
<b>2 da. Semana en cámara</b>			
<b>Humedad %</b>	8.40	7.75	9.30
<b>4 ta. Semana en cámara</b>			
<b>Humedad %</b>	8.44	7.82	9.45

En las muestras a temperatura ambiente observamos que de igual manera hubo un aumento en la humedad de casi todas las muestras conforme pasaron los meses (Tabla 17). Podemos ver que en las muestras de piña Miel y Esmeralda, se obtuvo un mayor aumento en la humedad que con la piña Cayena por lo cual también depende del tipo de variedad que se trabaje. Este aumento en la humedad indica que el empaque de las muestras es permeable y no es una barrera adecuada contra la humedad del ambiente por lo que se tendría que adecuar un material permeable para que las muestras no se hidraten.

Tabla 17. Determinación de humedad (%) de las muestras en Temperatura ambiente.

<b>1 er. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>VARIEDAD</b>	Miel	Esmeralda	Cayena
<b>Humedad %</b>	5.49	5.89	6.09
<b>2 do. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>Humedad %</b>	6.03	6.4	6.46
<b>3 er. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>Humedad %</b>	6.32	6.98	6.65

Como se observa en las tablas anteriores de humedad, hay una mayor humedad en las muestras de cámara que en las de temperatura ambiente ya que las muestras en cámara tenían una mayor humedad en el ambiente (55% H.R.) y mayor temperatura (35°C) con lo cual aceleramos de alguna manera el crecimiento microbiológico ya que el empaque no fue una buena barrera contra la humedad.

### 8.5.2 pH

Se determinó el pH de las muestras de cámara (1ª y 4ª semana) y en temperatura ambiente (1º, 2º y 3er mes), mediante un Potenciómetro (Tabla 18), podemos observar que a pesar de que la humedad aumento, prácticamente se mantiene el pH de las 3 muestras en estudio en un rango de 3.4 a 3.6.

Tabla 18. Determinación de pH de las muestras de cámara y en temperatura ambiente.

<b>1 er. semana en cámara</b>			
<b>VARIEDAD</b>	Miel	Esmeralda	Cayena
<b>pH</b>	3.4	3.5	3.5
<b>4 ta. Semana en cámara</b>			
<b>pH</b>	3.5	3.5	3.6

### 1 er. Mes a temperatura ambiente

VARIEDAD	Miel	Esmeralda	Cayena
pH	3.6	3.6	3.5

### 2 do. Mes a temperatura ambiente

pH	3.6	3.5	3.4
----	-----	-----	-----

### 3 er. Mes a temperatura ambiente

pH	3.5	3.5	3.5
----	-----	-----	-----

Las frutas muestran un pH en general menor a 4.5 aunque existen excepciones, por ejemplo melón. Por lo tanto, los mohos y las levaduras crecen más rápido que las bacterias en las frutas **(Jay, 2005)**.

Observamos que el pH de las muestras está por debajo de 4.5 y se tuvo un crecimiento de Hongos y levaduras por encima de las bacterias. Se observó que la piña deshidratada en Hongos y levaduras rebasan los límites propuestos, esto se pudo deber a que las muestras adquirieron humedad del medio, aumentando el aw, lo que hizo que los microorganismos tuvieran los requerimientos necesarios para desarrollarse y esto lo comprobamos al ver como aumentaba la cuenta conforme pasaban los días en almacenamiento, tanto en cámara como a temperatura ambiente.

#### 8.5.3 °Brix

Se determinaron los °Brix de las muestras de cámara (1ª y 4ª semana) y en temperatura ambiente (1º, 2º y 3er mes) (Tabla 19), observándose que en las muestras en cámara los °Brix disminuyeron y esto fue más notorio en las muestras de piña Esmeralda y Cayena.

En las muestras a temperatura ambiente se observa que los °Brix llevan la misma tendencia, fueron disminuyendo conforme pasan los meses y esto fue más pronunciado en las muestras de piña Esmeralda y Cayena.

Los hongos no solo emplean su capacidad para degradar materia orgánica favoreciendo el reciclaje de compuestos orgánicos en los ecosistemas, sino que también ocasionan la degradación de alimentos que son ampliamente consumidos por el ser humano. Estos

degradadores, conocidos como mohos, causan que los alimentos lleguen rápidamente a su estado de descomposición al utilizarlos como su propia fuente de nutrientes. Este proceso se ve favorecido por las condiciones cálidas y húmedas que les permiten crecer y reproducirse. *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium* y *Rhizopus* son algunas de los géneros de mohos que pueden encontrarse en los alimentos **(DEACON, 2010)**.

Podemos relacionar la disminución de los °Brix de las muestras debido a que los hongos que se encuentran presentes en las muestras utilizaron los azúcares como fuente de energía además de aprovechar las condiciones de humedad de la cámara para desarrollarse y repercutiendo en el corto periodo de vida de anaquel de acuerdo a los límites microbiológicos .

Tabla 19. Determinación de °Brix de las muestras de cámara y en temperatura ambiente.

<b>VARIEDAD</b>	Miel	Esmeralda	Cayena
<b>1 er semana en cámara</b>			
<b>°Brix</b>	88	92	84
<b>4 ta. Semana en cámara</b>			
<b>°Brix</b>	80	77	70
<b>1 er. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>°Brix</b>	95	98	92
<b>2 do. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>°Brix</b>	86	80	82
<b>3 er. Mes a temperatura ambiente</b>			
<b>°Brix</b>	80	60	70

#### 8.5.4 Otras determinaciones fisicoquímicas

En la tabla 20 se muestran los resultados de la determinación de vitamina C, proteína cruda, CHO's (reductores y totales), acidez y fibra dietaría en las muestras de piña deshidratada (Miel, Esmeralda y Cayena) al tiempo cero.

Con base en estos resultados de la Tabla 20, se observa que los distintos tipos de variedades de la piña deshidrata presentan diferentes características.

En la variedad de piña Miel encontramos una cantidad mayor de Vitamina C esto puede deberse a que la maduración de la piña de esta variedad estaba en el punto correcto, ni muy madura ni verde. Esta variedad presenta mayor cantidad de carbohidratos es por eso que también se le da ese nombre, por ser más dulce que las otras variedades. Cabe mencionar que la piña es fuente importante de Vitamina C.

La piña Miel fue la que presentó mayor cantidad de proteína cruda aun cuando esta variedad fue la que se deshidrato a mayores temperaturas.

La piña Cayena fue la que presento mayor fibra dietaría y mayor acidez propios de la variedad. En cuanto a la cantidad de carbohidratos que presentan las muestras de piña deshidratada están dentro de un rango del 69-77 gramos por cada 100 gramos de muestra.

Estos resultados coinciden con los reportados en las etiquetas de las diversas marcas encontradas en el mercado (Naturalsnacks, Yema, Casa Mageral) que comercializan piña deshidratada bajo distintas formas y condiciones de deshidratación . Los valores en Carbohidratos van de los 45-82 gramos en Carbohidratos por cada 100 gramos de muestra. En cuanto a la proteína cruda encontramos valores de 0.5-3.5 gramos por cada 100 gramos de muestra y en Fibra dietaría los valores de estos productos son similares a los encontrados en los 3 lotes analizados teniendo valores de 5-9.4 gramos por cada 100 gramos de muestra.

Tabla 20. Resultados de determinaciones fisicoquímicas de piña deshidratada.

Muestra	Vitamina C mg /100 g	Proteína cruda %	Carbohidratos (g de azúcar reductores/100 g de muestra)	Carbohidratos (g de azúcar/100 g de muestra)	Acidez (g de Ácido cítrico/100 g de muestra)	Fibra dietaría %
Miel	199.4	3.50	0.93	70.79	5.34	7.18
Esmeralda	52.47	3.19	0.77	76.97	4.21	7.61
Cayena	32.20	3.41	0.85	69.94	6.23	10.98

## 8.6 Análisis Instrumental de textura y color

Para comparar los resultados de los análisis fisicoquímicos, textura y color, se realizó un análisis de componentes principales que consiste en reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, para hallar las causas de su variabilidad y ordenarlas por importancia (Ferre, 1995).

Se analizaron los lotes: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5 y los lotes utilizados para evaluar las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales específicamente las muestras de la 1er y 4ta semana en cámara; así como el 1er, 2do y 3er mes en temperatura ambiente y sus respectivas referencias. Además se evaluaron también el centro y la pulpa del lote de Cayena 2 ya que esta fue la única muestra que se deshidrato con todo y el centro.

En la Figura 33, se puede observar en el PCA que se explica el 88.13% de la variabilidad de las muestras, explicando el F1 el 77.22 %, correlacionados a este de manera positiva se encuentran los parámetros de color SCE a\*, SCE b\*, SCE C\*, SCE h°, SCE L\* y SCI a\*, SCI b\*, SCI C\*, SCI h°, SCI L\*. El componente F2 explica el 10.91% de la variabilidad, correlacionados al eje positivamente están los parámetros de color: SCE a\*, SCE b\*, SCE C\*, y SCI a\*, SCI C\* y de textura: dureza.

Al considerar ambos componentes se puede observar que hay diferencias entre los lotes, encontrándose que el de Miel 1, el Centro de la Cayena 2, Cayena 5, ,Miel 1 1C, Miel 1 4C, Miel 1 1CV, Miel 1 4CV, Miel 1 1TA, , Miel 1 1TAV , Cayena 4 4C, Cayena 4 1CV y Cayena 4 1TAV son similares ya que se encuentran en el mismo cuadrante y se correlacionan a los parámetros de color :SCE a\*, SCE b\*, SCE C\*, SCI a\* y SCI C\* las muestras de Miel 1 presentaron en general color café fuertes que pudo deberse a la caramelización de los azúcares ya que se deshidrato a temperaturas mayores a los 70 °C al igual que la Cayena 5 que fue la muestra que se deshidrató a 73 °C mientras que la piña Cayena 4 mostraba un amarillo intenso fueron prácticamente las muestras con mayor intensidad de color. Los lotes de Cayena 3, Esmeralda 1, Cayena 4, Pulpa Cayena 2, Cayena 1, Cayena 4 1C, Esmeralda 1 1C, Esmeralda 1 4C, Esmeralda 1 1CV ,Cayena



ambiente, 2TAV= Muestra a vacío usada para la prueba triangular con el 2do. Mes a temperatura ambiente y 3TAV= Muestra a vacío usada para la prueba triangular con el 3er. Mes a temperatura ambiente)

## 8.7 Determinación de la vida de anaquel

Usando el modelo de Arrhenius se hizo una aproximación en el cálculo de vida de anaquel de los tres lotes de piñas deshidratadas en el Edo. De Nayarit a dos diferentes condiciones de almacenamiento:

Temperatura de cámara climática: 35° C y 55 % H.R.

Temperatura de medio ambiente: 18 ° C y 42 % H.R.

Para el cálculo se usó el parámetro de humedad, ya que se tenían pocos resultados microbiológicos para poder realizar una aproximación y poder darnos una idea de en qué situación se encontraban los lotes. En la tabla 21 se muestran los resultados obtenidos para los tres lotes.

Tabla 21: Determinación de vida de anaquel

Vida de anaquel	Minutos	Días
Piña miel	14057.38976	9.76207622
Piña esmeralda	13266.14974	9.21260399
Piña cayena	13834.10903	9.607020161

De acuerdo a los resultados obtenidos vemos que la vida de anaquel de los tres lotes es muy baja para un alimento deshidratado el cual debería de tener una vida de anaquel aproximada de 6 meses, esto debido a que el material de empaque no fue el adecuado por su permeabilidad a la humedad. También se observó que cambia poco la vida de anaquel dependiendo de la variedad de piña que se trabaje.

Actualmente, los envases son esenciales para la comercialización de los alimentos, ya que además de ofrecer una mejor conservación, mayor tiempo de vida de anaquel y

seguridad e información para el consumidor, deben generar un impacto visual que los diferencie de productos similares para lograr la preferencia de los consumidores a quienes va dirigido el producto **(Cruz, 2006)**.

El propósito de los envases es preservar la calidad y seguridad del producto que contiene, desde su fabricación hasta el momento en que es utilizado por el consumidor, igualmente la importante función del envase, es proteger el producto de daños físicos, químicos, o biológicos, cuando los envases no cumplen su función protectora, el resultado puede ser un producto inseguro, especialmente cuando se produce una contaminación por microorganismos, provocando una indeseable pérdida en la integridad del producto **(Nettles, 2002)**.

Hay diversos materiales de empaque, debido a que estos productos son de consumo rápido se requieren de estructuras bilaminadas con barrera a la humedad, al oxígeno y a la luz. Se utilizan laminaciones de Polipropileno biorientado (BOOP)/Polipropileno biorientado (BOOP) O Polipropileno biorientado (BOOP)/Polipropileno biorientado metalizado (BOOPmet) que da una protección aún mayor. También se observa que en las muestras de referencia como estaban al vacío se observó una textura más crujiente además de que se conservan más ciertas propiedades de la piña que son de interés para el producto tales como el olor y el sabor.

### **8.8 Pruebas afectivas**

Esta prueba se llevó a cabo en dos sesiones, en la primera se evaluaron las muestras de Esmeralda 1 y las muestras comerciales deshidratadas (Casa Mageral y Desifrut) y en la segunda sesión se evaluaron las muestras de Cayena 4 (por ser la que más gusto en la primera prueba) y las muestras comerciales cristalizadas (Cristalizada 1 y Cristalizada 2).

Para las pruebas afectivas, se presentaron a los consumidores las muestras codificadas con número de 3 dígitos. Primero se evaluó de forma individual el nivel de agrado y posteriormente, se les pidió que ordenaran según su preferencia asignándole el primer lugar a la muestra de piña deshidratada que más prefirieron, el segundo a la siguiente y así sucesivamente.

En la primera evaluación participaron un total de 113 consumidores que evaluaron las muestras de Esmeralda 1, Casa Mageral y Desifrut con un rango de edad de los 18-48 años. El 64.6% de los consumidores fueron hombres y el 35.4% mujeres.

El 66.6% del total consumieron alimentos deshidratados dentro de su comida diaria mientras que el 33.6% no lo hacen.

Dentro de los alimentos deshidratados que consumían se encontraron: 46% arandanos, 15% Pasas, 13.3% Manzana, 12.4% Platanos y con 2% > Piña, Mango, Ciruelas, Camote, Zanahoria y Fresa.

Observamos que la gran mayoría consumen alimentos deshidratados esporádicamente y/o semanalmente.

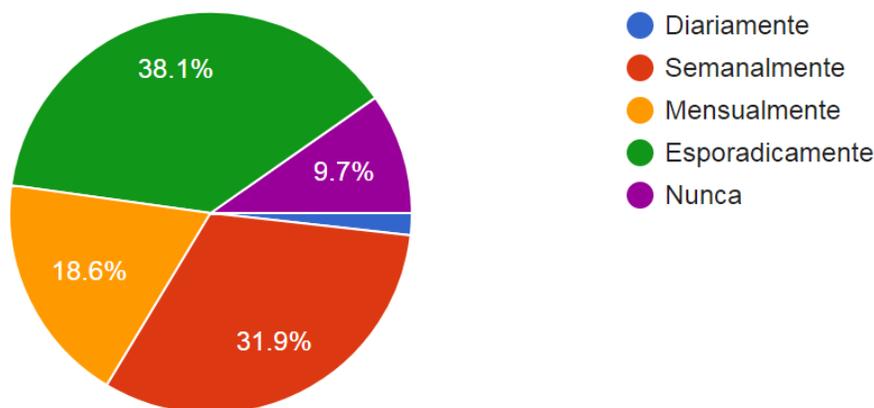


Figura 34. Gráfico de frecuencia con la que consumen alimentos deshidratados, por la población que realizó la prueba afectiva.

En la segunda evaluación participaron un total de 117 consumidores que evaluaron las muestras de Cayena 4, Cristalizada 1 y Cristalizada 2 con un rango de edad de los 18 hasta los 48 años de edad. El 65.8% de los consumidores fueron mujeres y el 34.2% hombres.

El 65% del total consumieron alimentos deshidratados dentro de su comida diaria mientras que el 35% no lo hace.

Dentro de los alimentos deshidratados que consumieron se encontraron:44.4% arandanos,15.4% Manzana,12% Pasas ,11.1% Platanos ,4.3% Ciruelas,3.4% Piña y con 2%> Mango y Papaya.

En esta prueba, también se observó que que la mayor parte de la poblacion consume alimentos deshidratados esporadicamente seguido de la poblacion que los consume semanalmente.

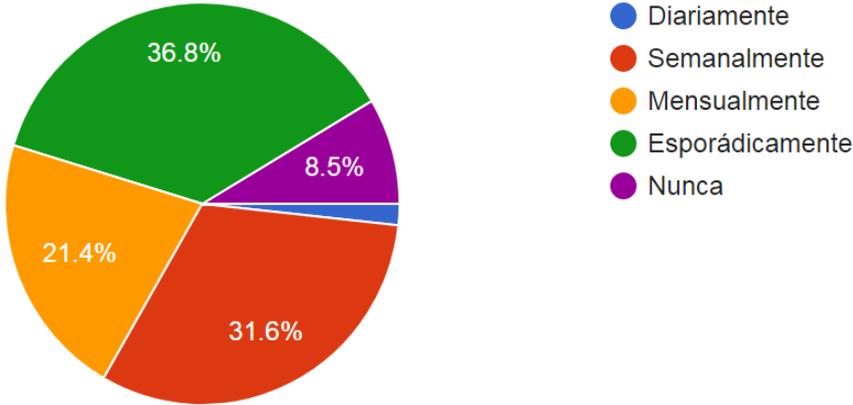


Figura 35. Gráfico de frecuencia con la que consumen alimentos deshidratadas, por la población que realizo la prueba afectiva.

Además, dentro de los alimentos que les gustaría consumir deshidratados mencionaron higos, pera, cereza, durazno, papaya, carambola, melón, kiwi, naranja guayaba, sandia, capulín, uva, camote, mamey, maracuyá, lima, guamúchil, pitaya, mandarina, guanábana, frambuesa, limón y mamey.

Para analizar los resultados de la prueba de nivel de agrado se consideraron las muestras evaluadas en las dos pruebas en total 6 muestras (Esmeralda 1, Casa Mageral, Desifrut, Cayena 4, Cristalizada 1 y Cristalizada 2).

En la Figura 36 se puede observar que las muestras que más gustaron fueron Esmeralda 1, Casa Mageral, Desifrut, y Cayena 4 con un nivel de agrado de “me gusta poco”, en comparación con la muestra cristalizada 2 que tuvo un nivel de agrado de “ni me gusta ni me disgusta”. La muestra cristalizada 1 no gustó ya que tuvo un nivel de agrado de “me disgusta un poco”. En general las muestras deshidratadas gustaron más que las muestras cristalizadas.

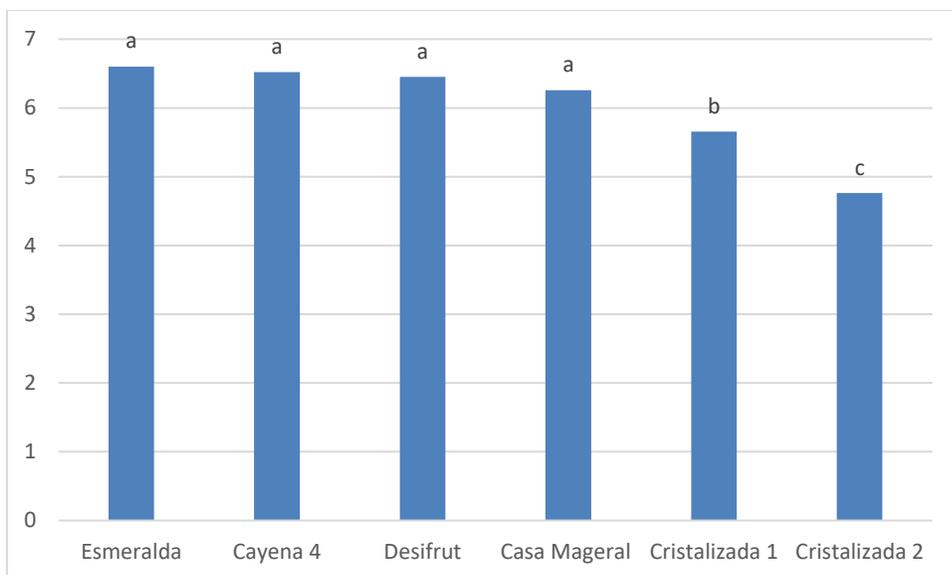


Figura 36. Medias de la prueba de nivel de agrado. Valores con letras diferentes presentan diferencia significativa  $p < 0.05$

En la figura 37 se muestra el biplot del Internal Preference Mapping de los resultados de nivel de agrado. Los vectores en color rojo representan la preferencia en intensidad de cada uno de los sujetos de prueba, en el espacio bidimensional.

Se observa que el F1 explica el 34.86% de la variabilidad de las muestras, mientras que el F2 el 20.86%, ambos explican un total del 55.72%. Los vectores en color rojo representan la intensidad de cada consumidor sobre alguna muestra. Se puede observar que las muestras que más gustaron fueron las de Esmeralda 1, Cayena 4, Desifrut y Casa Mageral que se encuentran con mayor intensidad de los vectores. Esto lo podemos comprobar con los resultados de la figura 36 donde vemos que efectivamente son las 4 muestras con media más alta en la escala “me gusta poco”

Las que prácticamente no gustaron fueron las muestras Cristalizadas 1 y 2 que pudo deberse a su aspecto totalmente distinto a las muestras deshidratadas y su alto grado de dulzor.

Estos resultados se relacionan con los que se obtuvieron al ordenar las muestras por nivel de agrado en el que se ve claramente que a los consumidores les gustan más las piñas deshidratadas.

Y esto puede explicarse por las distintas características sensoriales de las muestras deshidratadas como: sabor a piña, textura crujiente, color amarillo característico de la piña y el olor.

Las muestras cristalizadas tenían aspecto a gomita debido a la gran cantidad de azúcar que presentaban, su textura era un poco chiclosa y su sabor demasiado dulce.

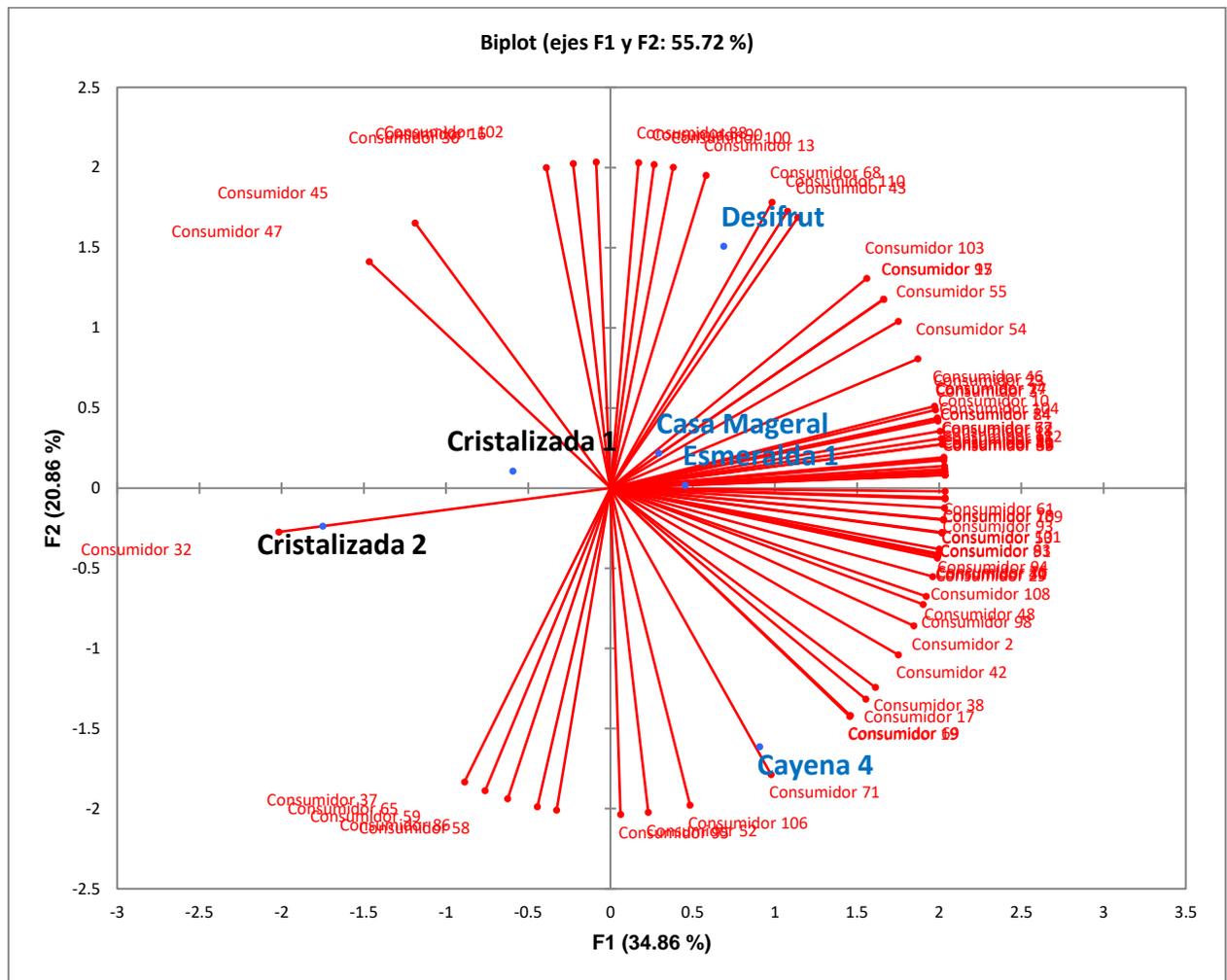


Figura 37. Internal Preference Mapping de nivel de agrado de diferentes muestras de piña (deshidratadas y cristalizadas).

Debido a que en la prueba de preferencia la evaluación es relacionada, ordenando los consumidores las muestras de la menos a la más preferida, se tuvieron que evaluar los resultados de las dos pruebas afectivas de manera independiente realizándose un análisis de varianza de Friedman.

Para la primer prueba donde se evaluaron las muestras de Esmeralda 1 y muestras comerciales deshidratadas (Casa Mageral y Desifrut) la  $X^2$  calculada tuvo un valor de 8.76, que comparada con el valor de tablas que fue de 5.99, indicó que las muestras deshidratadas de iiDEA® Esmeralda 1 vs Piñas comerciales deshidratadas (Desifrut y Casa mageral) presentaron una preferencia semejante debido a que las tres presentaban características sensoriales como: color amarillo, olor y sabor a piña , crujientes, rugosas y fracturables. Por ello, ya no fue necesario realizar el cálculo de LRSD.

Debido a que la muestra de Cayena 4 que presentó un nivel de agrado alto (dentro de los valores obtenidos en las diferentes muestras), se seleccionó para comparar su preferencia con la de las muestras comerciales cristalizadas.

Para la segunda prueba donde se evaluaron las muestras de Cayena 4 y muestras comerciales cristalizadas (Cristalizada 1 y Cristalizada 2),se encontró que la  $X^2$  calculada presentó un valor de 38.12 que comparado con el valor de tablas de 5.99 es mayor y nos indica que las muestras fueron preferidas de diferente forma. Al realizar el cálculo de LSRD, se encontró un valor de 26.87 lo que indica que cuando el valor de la diferencia es mayor a este, hay diferencia estadísticamente significativa entre las muestras. Los resultados mostraron que hay diferencia significativa entre las tres muestras: Cayena 4,Cristalizada 1 y Cristalizada 2, siendo la más preferida la de Cayena 4 esto se pudo deber a sus atributos sensoriales como: crujiente , fracturable ,sabor y olor a piña en comparacion con las cristalizadas .La muestra de piña Cristalizada 2 fue la menos preferida.

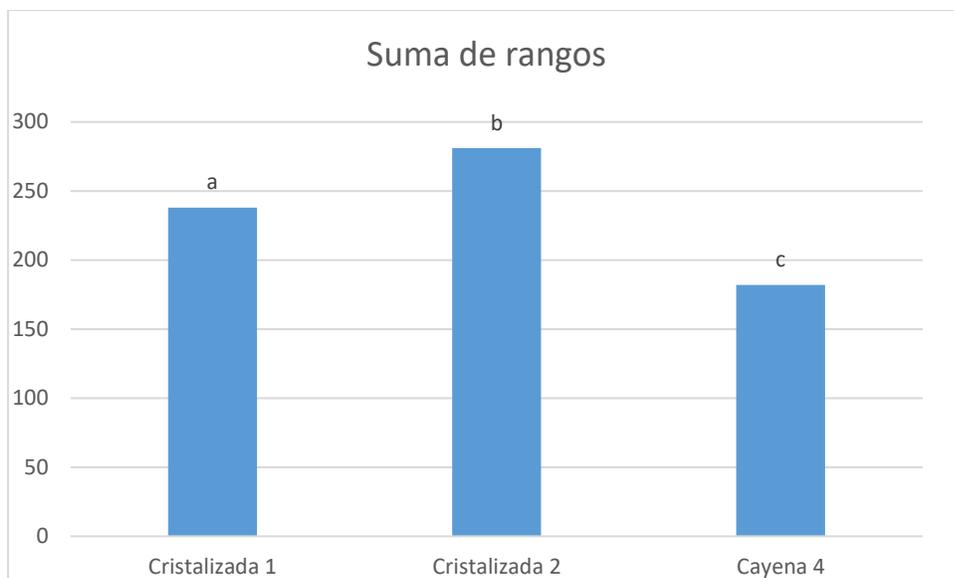


Figura 38. Suma de rangos de las muestras: Cristalizada 1, Cristalizada 2 y Cayena 4. Muestras con distintos supraindices indican diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05\%$ ), usando LSRD. La muestra con menor sumatoria fue la más preferida.

Al analizar la figura 37, vemos que se comprueba esto ya que las 3 muestras están en diferentes cuadrantes y con distintas intensidades de los vectores. La muestra de Cayena 4 es la que más prefieren los consumidores ya que en el biplot del Internal Preference Mapping es la que tiene mayor intensidad de vectores. Las muestras de piña cristalizada 1 y 2 que no tienen marca, fueron las que menos gustaron a los consumidores y fueron diferentes entre sí.

Comer un snack es una práctica común que se ha expandido a nivel mundial en los últimos años. En países desarrollados, la tendencia al alza del consumo de snacks es resultado de la recomendación de hacerlo para mermar la ingesta calórica en las tres comidas principales, hábito que también ayuda a controlar el apetito. Asimismo, según Johnson y Anderson (2010), los snacks, además de proporcionar energía, son una fuente importante de nutrientes esenciales.

En el caso de piña deshidratada una porción de 20 gramos puede proporcionar 45 kcal a un precio alrededor de los \$18, lo cual hace esto un producto accesible para los consumidores.

Los resultados que encontramos en este trabajo nos muestra que el nivel de agrado de las muestras deshidratadas fue de gusta un poco, esto se puede deber a que en la Ciudad

de México la gente está familiarizada con el consumo de la piña fresca, por otro lado se podría pensar que como consecuencia de las políticas de salud en el que a través de comerciales se le pide a la población que cuide su dieta, la gente ya está mostrando rechazo por los productos altos en azúcar y esto puede explicar el bajo nivel de agrado y preferencia de estos dulces tradicionales mexicanos como la piña cristalizada.

La recomendación habitual de comer más frutas como snacks entre comidas choca con el estilo de vida de buena parte de los ciudadanos en muchos países desarrollados y en las ciudades más avanzadas en países en desarrollo, donde se estila cada vez más pasar mucho tiempo fuera de casa y en la vorágine de las actividades diarias (**Romero et al., 2016**), sin embargo, en la países que tienen alta producción de frutas, el consumidor todavía prefiere consumirlas frescas, aunque es más practico traer fruta deshidrata para consumirla en cualquier hora del día .

La fruta fresca es un alimento perecedero que en general se madura muy rápidamente y se tiene que ingerir a las pocas horas de adquirida. Las frutas deshidratadas como snack surgen como una solución al consumo de frutas frescas.

Este tipo de snack goza de popularidad, sobre todo en países desarrollados, aunque también se lo acepta muy bien en nichos de mercado específicos en países en desarrollo. 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 (al secarlas) se concentran sus hidratos de carbono, 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 B (**Romero et al., 2016**).

## **9. CONCLUSIONES**

- La aplicación de BPM durante el procesamiento de la piña deshidratada permitirá que las condiciones de trabajo sean inocuas y el producto no se contamine.
- Dentro de los perfiles de piña deshidratada se evaluaron un total de 26 atributos característicos donde encontramos: fibrosidad, color, adhesividad, dureza,

crujiente, olor dulce, olor a piña, sabor ácido, sabor caramelo, por mencionar algunos.

- Debe haber una estandarización de todo el proceso desde la recepción de la materia prima hasta el empaque, para que las características del producto sean las deseadas.
- Dependiendo de la variedad de piña y de las distintas condiciones de deshidratación se obtienen perfiles sensoriales diferentes.
- El empaque manual de celofán en las piñas deshidratadas no es el adecuado debido a que rápidamente se propagan las condiciones ambientales del exterior en el producto y por lo tanto su rápido crecimiento microbiológico.
- Se debe controlar tanto el proceso de deshidratación de la piña como el empaque final para asegurar que el producto llegue hasta el consumidor en condiciones óptimas
- Las piñas deshidratadas mediante energía geotérmica conserva varios atributos sensoriales de la piña fresca en los que resaltan: color, fibrosidad, olores (piña, dulces, cítrico), sabor (ácido, dulce, piña) .
- Las características sensoriales de los diferentes lotes de piña deshidratada dependen de muchos factores entre los cuales podemos mencionar la maduración de la piña, variedad y condiciones de deshidratación.
- En las pruebas afectivas se observó que las características sensoriales que los consumidores prefieren son las de las muestras de piña deshidratadas ya que son muy diferentes a las muestras de piña cristalizadas, cabe mencionar que las muestras de iiDEA® no tienen aditivos incorporados.
- Un adecuado empaque impermeable permitirá asegurar que la piña deshidratada tenga una buena calidad microbiológica, conserve su sabor e incremente su olor, mismos que se conservaran durante su vida útil.

- La deshidratación geotérmica de alimentos ofrece la ventaja de trabajar las 24 hrs. del día durante los 365 días del año a diferencia de otros tipos de deshidratadores como los de gas y energía solar.

## **10. RECOMENDACIONES**

- Proponer una Norma para frutas deshidratadas en México.
- Estandarizar el proceso de deshidratación de piña deshidratada mediante energía geotérmica.
- Invertir en tecnologías más limpias para el medio ambiente como la deshidratación mediante energía geotérmica para deshidratar frutas.
- Comercializar una gran variedad de alimentos deshidratados para tenerlos en épocas del año donde no se encuentren fácilmente.
- Dar a conocer la deshidratación geotérmica a los productores de frutas y verduras en el país para que su producción no se vea mermada con el corto tiempo de vida útil de estos alimentos.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Abdelwahed, W. Degobert, G. Stainmesse, S. y Fessi, H.(2006) Freeze-drying of nanoparticles: Formulation, process and storage considerations. *Advanced Drug Delivery Reviews*. 58:1688–1713.
- Alibas, O.I., Akbudak, B. y Akbudak, N. (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, 78(2), 577–583.
- Andorrá, I., Landi, S., Mas, Esteve, B., Guillamon, J. (2010). Effect of fermentation temperatura of microbial population evaluation using culture-independent and dependent techniques. *Food research international* 43:773-779.
- ANSES.(2013). Cuadro Ciqual, Composición nutricional de alimentos: <https://pro.anses.fr/tableciqual/index.htm>.
- Ares G. Valera P. (2012). Sensory profiling, the blurred line between sensory and consumer science. A review of novel methods for product caracterizacion. *Food Research International*. 894 - 906.
- Avendaño R.B.D. (2008). Globalización y competitividad en el sector hortofrutícola: México, el gran perdedor. *El Cotidiano* 147: 91-98.
- Badui , S. (2006). *Química de los Alimentos*. 4 ed. Pearson Educación. México.
- Bala, B.K. (2004). Experimental investigation of the performance of the solar tunnel drier for drying jackfruit for production of dried jackfruit and jackfruit leather. Annual research report, Department of Farm Power and Machinery, Bangladesh Agricultural University, Mymensingh, Bangladesh.
- Barreiro, J., Sandoval, A. (2006). *Operaciones de Conservación de Alimentos por bajas temperaturas* .Equinocio. Valle de Sentejas, Baruta, Venezuela.
- Bourne,M.(2002). *Food texture and viscosity. Concept and measurement*,2a. edicion .Editorial academic press ,Londres, Inglaterra,pags. 1-32.
- Brackett, R.E.(2001). *Frutas, hortalizas y granos. Microbiología moderna de los alimentos*. 2ª. edición. Acribia, Zaragoza, España.pags.122-130.

- Calva, J. L.; Carrasco, L. L. R.; Díaz, C. S. (1992). La Agricultura Mexicana frente al Tratado Trilateral de Libre Comercio. Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Chapingo, México. 257 p.
- Cárcel, J.A., García-Pérez, J.V., Riera, E. y Mulet, A. (2007). Influence of high intensity ultrasound on drying kinetics of persimmon. *Drying Technology*. 25:185-193.
- Carmona, E. R. P. (2013). Evaluación comparativa de dos metodologías sensoriales para generar perfiles descriptivos en alimentos. Universidad Autónoma Metropolitana. Tesis de maestría en biotecnología; pags. :20,30, 33
- CEMIEGEO.(2016). Geotermia en México. [en línea] Disponible en: <http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia-en-mexico>. [Ultimo acceso al 15 de Julio del 2019]
- Chica, B. A. y Osorio, S. L. (2003). Determinación de la vida de anaquel del chocolate de mesa sin azúcar en una película de propileno biorientado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Ingeniería Química ; Pág. :22.
- CIRAD .(2014). Fruitrop n°228, p.18-57.
- Costa, F., Capellin, L., Longhi, S., Guerra, W., Magnago, P., Porro, D., Soukoulis, C., Salvi, S., Velasco, R., Biasioli, F., Gasperi, F. (2011). Assessment of apple (*Malus domestica* Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy. *Postharvest Biology and Technology*, 7/ vol. 61, no. 1, p. 21-28.
- Cruz, C. H. (2006). Los envases para alimentos y su diseño. *Mundo Alimentario* Marzo - Abril: 26 - 28.
- Cruz, D., Leos, J., Altamirano, J., (2013). México: Factores explicativos de la producción de frutas y hortalizas ante la apertura comercial. *Revista Chapingo serie horticultura*.19(3). 267-278

- Dairou, V. y Sieffermann, J.M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and quick original method, the Flash profile. *Journal of food science*, (67) 2:826-834.
- DEACON, J., *Fungal Biology*, Reino Unido, Blackwell Publishing.(2010.)
- De Ita R., A. (2003). *Los Impactos Socioeconómicos y Ambientales de la Liberalización Comercial de los Granos Básicos en el Contexto del TLCAN: el Caso de Sinaloa*. Centro de Estudios para el Cambio en el Campo Mexicano. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. México. 40 p.
- Delaure, J. y Siefferman, J.M. (2002). Use of Flash Profile for a quick sensory characterization of a set of sixteen strawberry yogurts. In: K.C. Persaud and S. van Toller (Eds.), *13th International Symposium of Olfaction and Taste/14th European Chemoreception Research Organization Congress*. ECRO. Brighton. Pags. 225-226
- Díaz-Cinco, M. E., E Acedo-Félix, A. García-Galaz. (2005). “Principales microorganismos patógenos y de deterioro”, en González-Aguilar, G., A. A. Gardea, F. Cuamea-Navarro (eds.), *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C., CIAD, Sonora, México, cap. 10, pp. 217-239.
- Díaz-Maroto, M.C., González-Vinas, M.A, Cabezudo, M.D. (2003). Evaluation of the effect of drying on aroma of parsley by free choice profiling. *European Food Research and Technology*. 216:227–232.
- Doymaz, I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering* 78(4):1291–1297.
- Dussel, P. E. (2002). *Condiciones y propuestas de política para los clusters del limón mexicano en Colima y la piña en Veracruz*. Editorial Plaza y Valdés. México. 270 pp.
- Echánove H., F. (2000). La industria mexicana de hortalizas congeladas y su integración a la economía estadounidense. *Investigaciones Geográficas* 43: 105-119.

- El-Aouar, A.A., Azoubel, M.P., Barbosa, L.J. y Murr, X.E.F. (2006). Influence of osmotic agent on the osmotic dehydration of papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering* 75: 267-274.
- FAO. (2003). La calidad de frutas y hortalizas en: A. López ed. Manual para la preparación de frutas y hortalizas. Roma: INTA E.E.A. Balcarce, Capítulo 5.
- FAO. (2004). Conservación de frutas y hortalizas mediante tecnologías combinadas. [en línea] Disponible en: <http://www.fao.org/3/y5771s/y5771s00.htm#Contents> .[Último acceso al 19 de Julio del 2019] .
- FAO. (2010). Base de datos estadísticos de la FAO. [http://www. faostat.org.mx](http://www.faostat.org.mx)
- FAO, OPS, WFP y UNICEF. (2018). Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe 2018. Santiago. Número de páginas (133). Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- FAOSTAT,(2015). [en línea] Disponible en: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/S> .[Último acceso al 16 de Julio del 2019].
- Feng, H. (2002). Analysis of microwave assisted fluidized-bed drying of particulate product with a simplified heat and mass transfer model. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 29, 1021–1028.
- Feng, H., Tang, J., Cavalieri, R.P. y Plump, O.A. (2001). Heat and mass transport in microwave drying of porous materials in a spouted bed. *American Institute Chemical Engineers Journal*. 47(7):1499–1511.
- Ferre, L. (1995). Selection of components principal component analysis: A comparison of methods. *Computational Statics & Data Analysis*, 19(6):669-682.
- Forsythe,S.,Hayes, P. (2002). Higiene de los alimentos, Microbiología y HACCP.2ª. edición.Acribia,Zaragoza,España

- FQUNAM, (2017). Módulo 2. Microorganismos indicadores. [En línea] disponible en: [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/2Indicadores\\_6422.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/2Indicadores_6422.pdf) ultimo acceso: 23 de Noviembre del 2019
- Franks, F. (1998). Freeze-drying of bioproducts: putting principles into practice. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 45:221–229.
- Garcidueñas, A. (2013). Tesis: Caracterización morfológica y molecular de piña Ananas comosus (L.) hibrido MD-2 y su establecimiento in vitro. Chapingo. México
- Garduño, A. (2018). Tesis: Diseño mecánico de un deshidratador de alimentos de flujo vertical. Ciudad universitaria.
- GBD 2015 Risk Factors Collaborators (2016). Global, regional and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388(10053), 1659–1724. Obtenido de <https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2816%2931679-8>
- Gómez-Alvarado, Tania; Hernández-Cervantes, María; López-Velázquez, Juliana; Cabrera, Rodrigo Santiago; Ramón-Canul, Lorena Guadalupe; Juárez-Barrientos, José Manuel y Ramírez-Rivera, Emmanuel de Jesús. (2010). Caracterización sensorial del queso fresco “cuajada” en tres localidades de Oaxaca, México: diferencias en la percepción sensorial. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1(2):127-140.
- Gómez O., L. (1994). *La Política Agrícola en el Nuevo Estilo de Desarrollo Latinoamericano*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago, Chile. 675 p.
- Heredia, A., Barrera, C. y Andrés, A. (2007). Drying of cherry tomato by a combination of different dehydration techniques. Comparison of kinetics and other related properties. *Journal of Food Engineering*. 80(1):111– 118.

- Hernández , E. (2005). Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogotá, D.C.pag:12
- Hocking AD, Pitt JI. (1997). Fungi and Food Spoilage. 2ª ed. Blackie Academic & Professional., London, p 21, 509
- Hough, G., Fiszman, S. (2005). Estimación de la vida útil sensorial de alimentos.1ª edición. Martín Impresores, S. L. España. pag :17
- Huu-Thuan, B., Makhlouf. J. y Ratti, C. (2010). Postharvest ripening characterization of greenhouse tomatoes. International Journal of Food Properties. 13:830–846.
- HySERVE,(2019). Kyt de Prueba de Salmonella /Para análisis de identificación/Para la seguridad alimentaria/Para productos alimentarios/Compact dry SL [En línea] disponible en : <https://www.medicalexpo.es/prod/hyserve-gmbh-co-kg/product-115180-777294.html> ultimo acceso: 23 de Noviembre del 2019
- II UNAM.(2016). Banco de información.[en línea] Disponible en: <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/BancodelImagenes/Documents/DeshidratadorGeotermicoAlimentos.pdf> [Ultimo acceso al 9 de Mayo del 2019]
- II UNAM,(2018).Deshidratador geotérmico de alimentos. Hoja de datos DGA200 2018.
- Cerrato I. (2013). Panorama mundial de la Piña. Programa Nacional de Desarrollo Agroalimentaria.
- Jay JM et al. (2005). Modern Food Microbiology. 7° ed. Springer, New York, p 125.
- Jiokapa. N.Y., Nuadje, G.B., Raoult-Wack, A-L. y Giroux, F. (2001). Déshydratation-imprégnation par immersion de rondelles de mangue (Mangifera indica): influence de la température et de la concentration de la solution sur les cinétiques de certains éléments constitutifs du fruit. Fruits, 56, 169–177.

- Johnson, Guy H. y G. Harvey Anderson. (2010). "Snacking Definitions: Impact on Interpretation of the Literature and Dietary Recommendations", en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50:9, 848-871.
- Kim, E.H.J., Corrigan, V.K., Wilson, A.J., Waters, I.R., Hedderley, D.I. y Morgestern, M.P. (2012). Fundamental fracture properties associated with sensory hardness of brittle solid foods. *Journal of Texture Studies*, vol. 43, no. 1, p. 49-62.
- Kiranoudis, C.T., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D. y M. Tsamparlis. (1997). Design of tray dryers for food dehydration. *Journal of Food Engineering*. 32(3)269-291.
- Konopacka, D. y Plochanski, W.J. (2004). Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. *Postharvest Biology and Technology*, 5// 2004, vol. 32, no. 2, p. 205-211.
- Lobo. (2009). Cambios microbiológicos y sensoriales de frutos frescos cortados, de origen tropical: piña, papaya y mango. Editorial trillas. 1ª. edición. México D.F.
- López , T., Delgado, J.,(2015). Influencia de la marca de distribuidor en la evaluación del consumidor hacia productos de alimentación. *Esic Market Economics and Business Journal* Vol. 46, N.º 2, Mayo-Agosto, 371-392
- Macías M., A. (2009). Mallas de valor global en la agricultura de hortalizas en México. El caso de Sayula, Jalisco. *Región y Sociedad* 21(46):113-144.
- Macías M., A. (2010). Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América, 1989- 2009. *Agroalimentaria* 16(31): 31-48.
- Malaga , J. E.; Williams, E.; Gary, W. (2010). La Competitividad de México en la Exportación de Productos Agrícolas. *Revista Mexicana de Agronegocios* 14(27) 295-309

- Martínez R., J. M. (2002). Acuíferos y Agroquímicos en una Región Fronteriza: Retos y Oportunidades del TLCAN Para la Agricultura Mexicana. Red Fronteriza de Salud y Ambiente A. C.-Universidad de Sonora. 50 p.
- Maskan, M. (2001). Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48(2), 177–182.
- Mossel ,DAA. (2003). Microbiología de los Alimentos. Acribia, Zaragoza, cap 537
- Mulet, A., Sanjuán, N., Bon. J. y Simal, S.,(1999). Drying model for highly porous hemispherical bodies. *European Food Research and Technology*. 210(2):80-83
- Muratore, G., Rizzo, V., Licciardello, F. y Maccarone, E. (2008). Partial dehydration of cherrytomato at different temperature, and nutritional quality of the products. *Food Chemistry*, 111(4):887-891.
- Nettles, C. C. (2002). Microbial Control by Packaging: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(2):151–161.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. México
- NOM-111-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-112-SSA1-1994, Bienes y Servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.
- NOM-113-SSA1-1994. Método para la Cuenta de Microorganismos Coliformes Totales en Placa.
- Ochoa, E., Ornelas, J., Ruiz, S., Ibarra , V., Pérez , J., Guevara, J. (2013). Tecnologías de deshidratación para la preservación de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad de Sonora. Biotecnia / XV (2): 39-46.*
- OISE. (2016). Observatorio de inteligencia del sector energético.[en línea] Disponible en: <http://www.oise.mx/geotermica>. [Ultimo acceso al 15 de Julio del 2019]

- Pikal, M.J., Roy, M.L. y Shah. S. (1984). Mass and heat transfer in vial freeze-drying of pharmaceuticals: role of the vial. *Journal of pharmaceutical sciences*. 73:1224–1237.
- PY C., LACOEUILHE JJ., TEISSON C. (1984). *L'ananas: sa culture, ses produits*, Maisonneuve et Larose, France.
- Rajkumar, P., Kulanthaisami, S., Raghavan ,G.S.V., Gariépy, R.Y. y Orsat, V. (2007). Drying Kinetics of Tomato Slices in Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying Methods. *Drying Technology*. 25(7-8):1394-1357.
- Ramírez-Rivera, E. de J.; Ramón C., L. G.; Camacho E., M. A.; Reyes-Borques, V.; Rodríguez-de laTorre, M. y Shaín-Mercado, A. J. (2010). Correlación entre el perfil descriptivo cuantitativo y perfil flash de hamburguesas de pescado de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*). *Nacameh*. 4(2):55-68.
- Raoult-Wack, A.L. (1994). Advances in osmotic dehydration. *Trends in Food Science and Technology*. 5:255-260.
- Rettig,M., Ah-Hen.(2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur* 42(2): X-X.pgs. 39-48
- Reyes, H. (2010). La vida útil de los productos alimenticios: Factores que afectan su estabilidad. *Hablemos claro*. [en línea]. <http://hablemosclaro.org/la-vida-util-de-los-productos-alimenticios-factores-que-afectan-su-estabilidad/> Ultimo acceso 26-02-2019
- Romero,I. ,Diaz , V., Aguirre , A. (2016). Fortalecimiento de la cadena de valor de los snacks nutritivos con base en fruta deshidratada en El Salvador. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México 2016-014 S.16-00668
- Ruiz-Funes, M. (2005). Evolución reciente y perspectivas del sector agropecuario en México. *ICE Información Comercial Española* 821: 89-106.

- Sacilik, k., Keskin, R., Elicin, A.K. (2006). Mathematical modeling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering*. 73(3):231–238.
- SEDESOL.(2019). Boletines Sin hambre .[en línea] Disponible en: [http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo\\_02/infografia.html](http://www.sedesol.gob.mx/boletinesSinHambre/Informativo_02/infografia.html) .[Ultimo acceso al 9 de Mayo del 2019]
- Shain, S. y Gülüm, S. (2009).Propiedades físicas de los alimentos. Editorial Acribia. S.A., Zaragoza. España.pp106-113
- Sharma, G.P. y Prasad, S. (2001). Drying of garlic (*Allium sativum*) cloves by microwave-hot air combination. *Journal of Food Engineering*. 50(2):99-105.
- Shi, J.X., LeMaguer, M., Kakuda, Y., Liptay, A. y Niekamp, F. (1999). Lycopene degradation and isomerization in tomato dehydration. *Food Research International*, 32(1), 15–21.
- Singh y Heldman. (2001). *Introduction to Food Engineering*, 3rd. ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Stone, H. y Sidel, J., (2004). *Sensory Evaluation Practices*. Elsevier Academic Press, third edition
- Tarea, S.; Cuvelier, G. and Sieffermann, J.M. (2007). Sensory evaluation of the texture of 49 commercial apple and pear purees. *Journal of Food Quality*. 30(6):1121-1131.
- Terhaag, Marcela Moreira e Benassi, Marta de Toledo. (2011). Perfil Flash: uma opção para análise descritiva rápida. *Brazilian Journal of Food Technology*. Edição Especial - 6º SENSIBER (Simpósio IberoAmericano em Análise Sensorial), 19-21 de agosto de 2010:140-151.
- Toor, R.K. y Savage, G.P. (2006). Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. *Food Chemistry*. 94(1):90-97.

- Trigos, Á.; Ramirez, K.; Salinas, A. (2008). Presencia de hongos fitopatógenos en frutas y hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. *Revista Mexicana de Micología* 28: 125-129.
- Tsamo, C.V.P., Bilame, A.F., Ndjouenkeu, R. (2006). Air drying behaviour of fresh and osmotically dehydrated onion slices (*Allium cepa*) and tomato fruits (*Lycopersicon esculentum*). *International Journal of Food Properties*.9(4):877-888
- Turner, I.W. y Jolly, P.G. (1991). Combined microwave and convective drying of a porous material. *Drying Technology*, 9(5):1209–1269.
- UNTACD.(2014). Piña. .[en línea] Disponible en: [https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM\\_cp09\\_Pineapple\\_es.pdf](https://unctad.org/es/PublicationsLibrary/INFOCOMM_cp09_Pineapple_es.pdf). [Último acceso al 23 de Julio del 2019]
- Väkeväinen, K., Hernández, J., Simontaivala, A., Severiano-Pérez P., Díaz, G., Von, A., Wacher, C., Plumed, C. (2020). Effect of different starter cultures on the sensory properties and microbiological quality of Atole agrio, a fermented maize product. *Food Control* 109:106907.
- Vega, A., Chacana, A., Lemus, R. (2009). La industria de los alimentos deshidratados y la importancia del control del proceso. Departamento de ingeniería en alimentos. Universidad de La Serena. Casilla 599. La Serena.
- Wang, R., Zhou, W. y Isabelle, M. (2007). Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. *Food Research International*, vol. 40, no. 4, p. 470-479.
- Wu, D., Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control—A Review. *Trends in Food Science & Technology* 29(1): 5-20
- XLSTAT.(2017).XLSTAT su solución de análisis de datos. [En línea] .Disponible en : [https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062222-como-realizar-un-analisis-de-componentes-principales-acp-con-xlstat?b\\_id=9283](https://help.xlstat.com/customer/es/portal/articles/2062222-como-realizar-un-analisis-de-componentes-principales-acp-con-xlstat?b_id=9283) [Actualizado al 15 de Agosto del 2019]

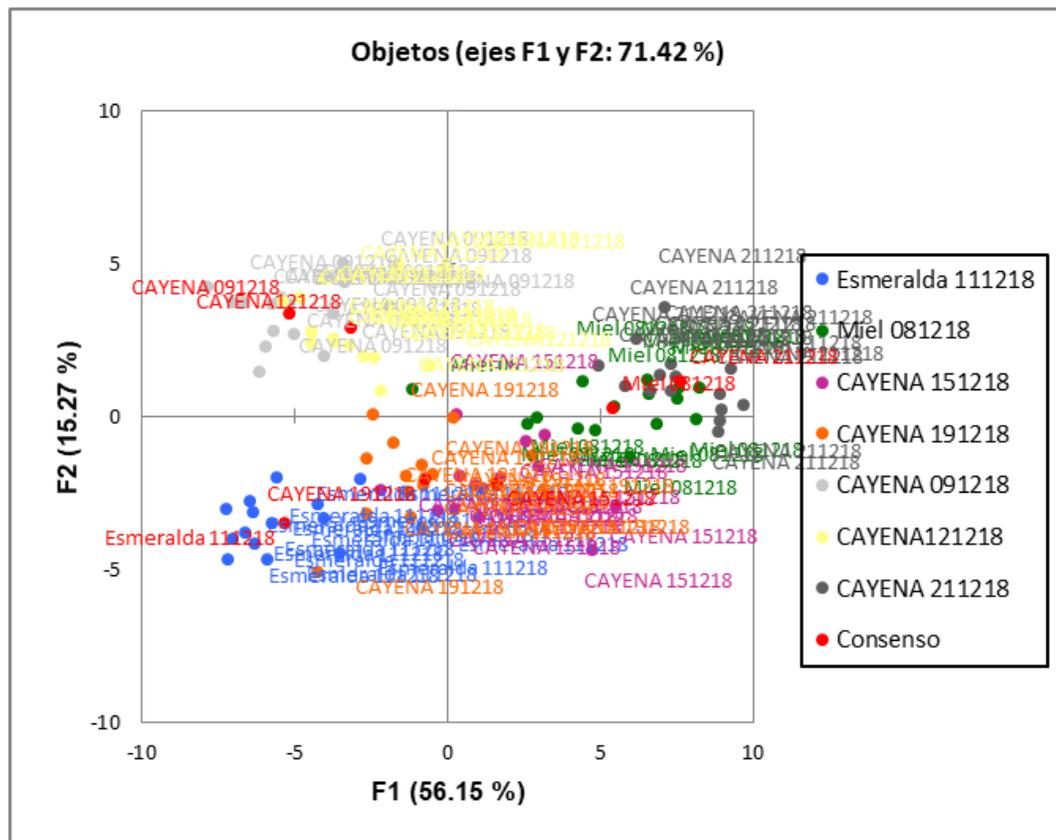
- XLSTAT.(2019).XLSTAT by Addinsoft. [En línea] .Disponible en : <https://www.xlstat.com/es/soluciones/funciones/analisis-procrusteano-generalizado-gpa> [Actualizado al 01 de Septiembre del 2019]
- XLSTAT.(2019). XLSTAT by Addinsoft. [En línea].Disponible en : <https://www.xlstat.com/es/soluciones/funciones/internal-preference-mapping> [Actualizado al 29 de Agosto del 2019]
- Zaroni, B., Peri, C., Nani, R. y Levelli, V. (1998). Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. *Journal of Food Engineering*. 31(5):395–401.

## 12. ANEXOS

ANEXO 1. Gráficos de análisis de Procrustes generalizados (GPA) obtenidos de los datos de consenso de Perfil Flash.

Las variantes se estimaron por consenso del panel y las variaciones residuales. El consenso del panel se visualiza en la Fig.1A para los atributos de aspecto y textura de piñas deshidratadas del estado de Nayarit: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5 y Fig. 1A para los atributos de Atributos de olor, sabor y resabio de piñas.

A)



B)

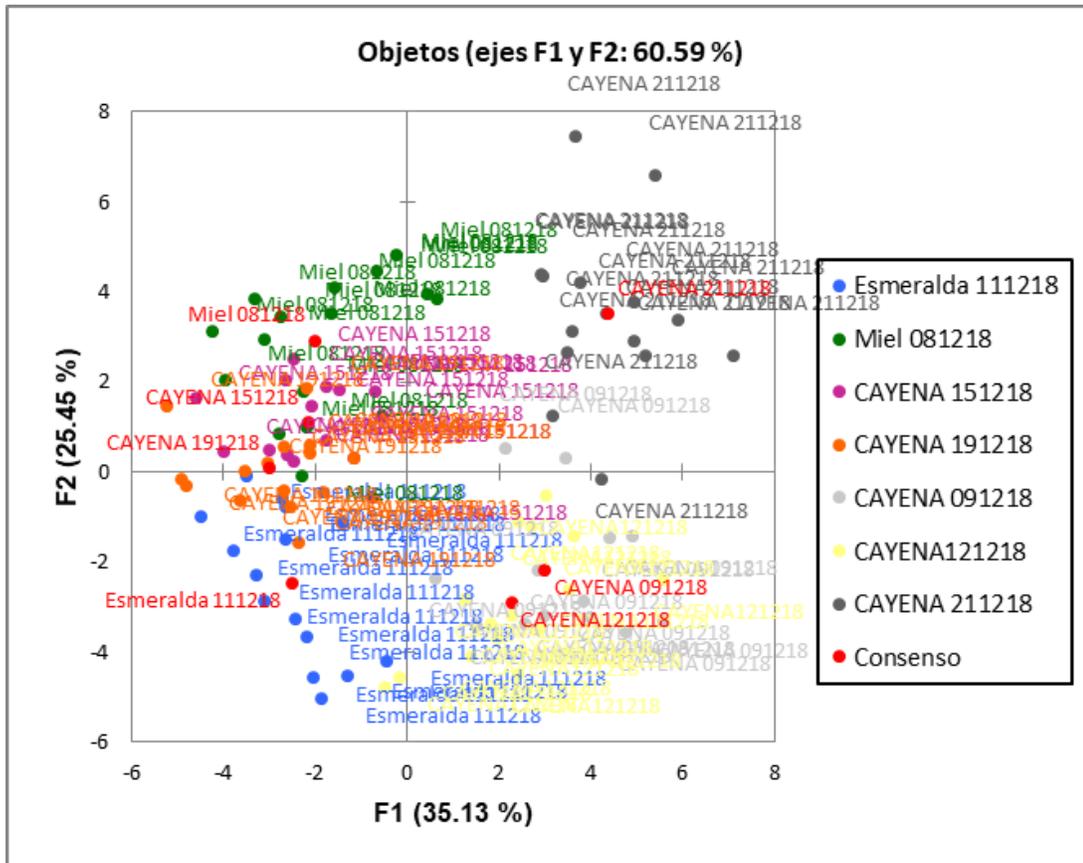


Fig. 1. Los A) Atributos de aspecto y textura de piñas deshidratadas del estado de Nayarit: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5 B) Atributos de olor, sabor y resabio de piñas deshidratadas del estado de Nayarit: Miel 1, Cayena 1, Esmeralda 1, Cayena 2, Cayena 3, Cayena 4, Cayena 5. Consenso de todos los panelistas (n = 15).

## ANEXO 2. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS PROVENIENTES DE LA PRUEBA DE NIVEL DE AGRADO

Para el análisis de nivel de agrado de las 6 muestras se llevó a cabo una ANOVA (Análisis de varianza) Tabla 1.

Tabla 1. ANOVA de prueba de nivel de agrado de muestras de piña deshidratada

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<b>Entre grupos</b>	287.9410029	5	57.58820059	20.7069484	2.8778E-19	2.22743578
<b>Dentro de los grupos</b>	1868.902655	672	2.781105141			
<b>Total</b>	2156.843658	677				

Al observar la tabla vemos que el valor de F calculado es mayor al F de tablas por lo que hay diferencia significativa entre las cantidades medias del nivel de agrado para las diferentes muestras.

Se llevó a cabo un DMS para determinar cuáles son las medias significativamente diferentes.

$$DMS = t_{0.95, 672} \sqrt{2CMError/n} = 1.96 \sqrt{\frac{2(2.7811)}{113}} = 1.96 * 0.2218 = 0.4348$$

Tabla 2. Medias de las muestras utilizadas para nivel de agrado

<b>MUESTRA</b>	<b>MEDIA</b>	<b>Diferencia significativa</b>
Esmeralda	6.60	<b>a</b>
Cayena 4	6.52	<b>a</b>
Desifrut	6.45	<b>a</b>
Casa Mageral	6.26	<b>a</b>
Cristalizada 1	5.65	<b>b</b>
Cristalizada 2	4.76	<b>c</b>

**ANEXO 3. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS PROVENIENTES DE LA PRUEBA DE PREFERENCIA ESMERALDA 1 VS MUESTRAS DESHIDRATADAS COMERCIALES.**

Se les pidió a los consumidores que ordenaran las muestras deshidratadas (Casa mageral, Desifrut y Esmeralda 1) en el orden de su preferencia. Para empezar el análisis estadístico se suman los resultados numéricos por muestra. Tabla 3

Tabla 3. Suma de rangos de las muestras: Esmeralda 1, Casa mageral y Desifrut

<b>Muestra</b>	<b>Esmeralda 1</b>	<b>Casa mageral</b>	<b>Desifrut</b>
<b>Suma de rangos</b>	214	240	221

Después de realizar la suma, aplicamos la prueba de Friedman al 5% de nivel de significancia para ver si los resultados son estadísticamente diferentes. Calculamos la  $X^2$ .

$$X^2 = [12/np(p+1)] * (\sum Tp^2) - 3n(p+1)$$

Donde:

n= número de consumidores

p= número de muestras

$\sum Tp^2$  = suma de los rangos al cuadrado

Sustituimos los valores para calcular  $X^2$

$$X^2 = [12/113*3(3+1)] * (152237) - 339(3+1)$$

$$X^2 = -8.76$$

El valor calculado de  $X^2$  se compara con el valor de  $X^2$  de tablas que en este caso fue de 5.99 y vemos que el valor calculado (-8.76) es menor por lo que concluimos que las muestras muestran una preferencia semejante.

**ANEXO 4. ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS PROVENIENTES DE LA PRUEBA DE PREFERENCIA CAYENA 4 VS MUESTRAS CRISTALIZADAS COMERCIALES**

Se les pidió a los consumidores que ordenaran las muestras cristalizadas comerciales (cristalizada 1 y 2) y la muestra de Cayena 4 en el orden de su preferencia. Para empezar el análisis estadístico se suman los resultados numéricos por muestra. Tabla 4.

Tabla 4. Suma de rangos de las muestras: Cristalizadas 1,2 y Cayena 4

Muestra	Cristalizada 1	Cristalizada 2	Cayena 4
Suma de rangos	238	281	182

Después de realizar la suma, aplicamos la prueba de Friedman al 5% de nivel de significancia para ver si los resultados son estadísticamente diferentes. Calculamos la  $X^2$ .

$$X^2 = [12/np(p+1)] * (\sum T_p^2) - 3n(p+1)$$

Donde:

n= número de consumidores

p= número de muestras

$\sum T_p^2$  = suma de los rangos al cuadrado

Sustituimos los valores para calcular  $X^2$

$$X^2 = [12/113*3(3+1)] * (168729) - 339(3+1)$$

$$X^2 = 38.12$$

El valor calculado de  $X^2$  se compara con el valor de  $X^2$  de tablas que en este caso fue de 5.99 y vemos que el valor calculado (38.12) y vemos que es mayor por lo que concluimos que las muestras muestran son estadísticamente diferentes.

Para determinar cuáles son entre si diferentes se aplica la prueba de LSRD que se muestra a continuación:

$$LSRD = t \sqrt{(NK(K+1))/6}$$

Donde :

K= número de muestras

N=número de consumidores

t=valor de tablas, en este caso al 5% es 4.303 y los grados de libertad para  $X^2 = (K-1)$ ; en este caso 2.

Sustituyendo se tiene

$$LSRD = 4.303 \sqrt{((3 \cdot 117)(4))/6}$$

$$LSRD = 26.87$$

Para determinar si se encuentra diferencia estadísticamente significativa entre las muestras es necesario hacer las diferencias absolutas entre sumas de rangos.

Tabla 5. Rango de diferenciación entre las muestras

Muestras	Valor de la diferencia	Se encuentra diferencia estadísticamente significativa entre las muestras
Cristalizada 1 –Cristalizada 2	43	SI
Cristalizada 1-Cayena4	56	SI
Cristalizada2-Cayena 4	99	SI