



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



---

**Tema:** Evaluación del efecto de la congelación rápida individual (IQF) en las características fisicoquímicas y sensoriales de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en rodajas.

---

Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa a la obtención del Título de Ingeniera en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos.

Esta investigación está contemplada dentro del Proyecto de Canje de Deuda

Ecuador - España.

**Autor:** Erika Gabriela Pichuasamín Rivera

**Tutor:** Milton Rubén Ramos Moya PhD.

**Ambato – Ecuador**

**Enero - 2021**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

**Dr. Milton Ramos Ph.D.**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación, Modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 10 de noviembre del 2020

Ing. Milton Rubén Ramos Moya. Ph.D.

C.I: 1801119635

TUTOR

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Erika Gabriela Pichuasamín Rivera, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, Modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos, son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas bibliográficas.



Erika Gabriela Pichuasamín Rivera

150107670-5

AUTORA

## **APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación Modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

---

Presidente del tribunal

---

Doc. Esteban Mauricio Fuentes Perez

C.I: 1803321502

---

Mg. Diego Manolo Salazar Garcés

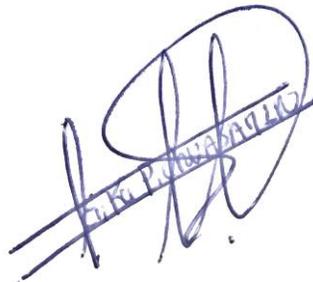
C.I: 1803012429-4

Ambato, 6 de enero del 2021

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que considere el presente trabajo de titulación o parte de él, como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Erika Gabriela Pichuasamín Rivera

150107670-5

AUTORA

## DEDICATORIA

*A mis padres, Efraín Pichuasamín y María Rivera por confiar en mí y brindarme su apoyo, sabiduría y consejos en todo momento. Los amo mucho.*

*A mi mamita por ayudarme siempre tanto en mi vida estudiantil y personal sin ti esto no sería posible, la vida entera no me alcanzara para agradecerte lo que has hecho por mí y mi Amelia, esta tesis es por ti y para ti.*

*A mis hermanas Alejandra y Sofía por el cariño y apoyo que me han dado siempre.*

*A mi compañero de vida Wilmer Oña, gracias por tu cariño y amor, este logro es de los dos.*

*A mi hija María Amelia por ser esa luz que me impulsa a mejorar siempre. Tu cariño, amor y ternura me ha hecho la mujer que soy ahora. Mamá te ama mucho.*

*A todas estas personas hoy les dedico este importante logro gracias, por tanto.*

*Con cariño amor y gratitud Erika P.*

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por darme salud, inteligencia y constancia para poder culminar mi carrera.

Gracias a mi hermosa familia por apoyarme y brindarme su cariño para no desistir de mis estudios.

A mis amigas Evelyn, Alexandra, Kelly y Maritza por brindarme su amistad, cariño y apoyo, las quiero mucho cuentan siempre con mi amistad.

En especial a Kelly S. por ayudarme su apoyo, eres una gran persona siempre te desearé lo mejor para tu vida.

A mi tutor Dr. Milton Ramos ya que gracias a su paciencia, conocimientos y apoyo a la realización de mi tesis.

Al ingeniero Mario Álvarez por ayudarme en la realización de la parte experimental de mi tesis. Sin su apoyo y sus conocimientos esta investigación no sería posible, además quiero expresar un inmenso agradecimiento por brindarme su mano amiga cuando la necesitaba.

A la ingeniera Mónica Silva por brindarme su amistad, apoyo y conocimiento.

Finalmente, quiero emitir mi agradecimiento a los docentes de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por aportar con sus conocimientos y valores para hacer de mí una excelente profesional.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iii
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO .....	iv
DERECHOS DE AUTOR .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	1
1.1.1 Pitahaya ( <i>Selenicereus megalanthus</i> ).....	1
1.1.2 Botánica de la pitahaya .....	2
1.1.3 Taxonomía de la pitahaya .....	3
1.1.4 Variedades.....	3
1.1.5 Pitahayas cultivadas en Ecuador .....	4
1.1.6 Composición nutricional .....	5
1.1.7 Producción de pitahaya en Ecuador .....	6
1.1.8 Consumo y exportaciones de pitahaya.....	6
1.1.9 Tecnología IQF en la conservación de alimentos .....	7
1.2 OBJETIVOS.....	8
1.2.1 Objetivo general.....	8
1.2.2 Objetivos específicos .....	9
1.3 Hipótesis.....	9
1.3.1 Hipótesis nula ( $H_0$ ).....	9
1.3.2 Hipótesis alternativa ( $H_a$ ).....	9

1.4 Señalamiento de variables .....	9
1.4.1 Variable independiente .....	9
1.4.2 Variables dependientes .....	9
CAPÍTULO II .....	10
MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
2.1. Materiales .....	10
2.1.1 Materia prima.....	10
2.1.1.1 Muestras de pitahaya.....	10
2.1.1.2 Insumos .....	10
2.1.2 Materiales.....	10
2.1.2.1 Materiales .....	10
2.1.2.2 Materiales de laboratorio .....	10
2.1.2.3 Reactivos .....	11
2.1.3 Equipos .....	11
2.2 Métodos .....	11
2.2.1 Diseño Experimental.....	11
2.2.2 Proceso de congelación IQF de pitahaya amarilla en rodajas .....	13
2.2.3 Análisis fisicoquímicos de la materia prima.....	14
2.2.3.1 Humedad .....	14
2.2.3.2 Acidez .....	15
2.2.3.3 Potencial Hidrógeno (pH) .....	15
2.2.3.4 Sólidos solubles totales .....	15
2.2.3.5 Colorimetría .....	16
2.2.3.6 Análisis de textura.....	16
2.2.4 Análisis sensorial de los tratamientos.....	16
2.2.5 Análisis estadístico .....	17
2.2.6 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento .....	17
2.2.7 Análisis microbiológico.....	17
CAPÍTULO III .....	18
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	18
3.1 Estado de madurez.....	18
3.2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima .....	19

3.2.1 Análisis de textura en la pitahaya fresca.....	21
3.2.2 Análisis colorimétrico de la pitahaya.....	22
3.3 Análisis sensorial de pitahaya de los tratamientos .....	23
3.4 Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento .....	27
3.5 Análisis colorimétrico mejor tratamiento.....	28
3.6 Análisis de textura del mejor tratamiento.....	30
3.7 Análisis microbiológico del mejor tratamiento .....	30
3.8 Verificación de la hipótesis .....	31
CAPÍTULO IV .....	32
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	32
4.1 Conclusiones .....	32
4.2 Recomendaciones .....	33
CAPÍTULO V .....	34
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO .....	34
5.1 Referencias bibliográficas .....	34
ANEXOS .....	46

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química y nutricional de la pitahaya amarilla.....	5
<b>Tabla 2.</b> Diseño experimental 2 <sup>n</sup> .....	12
<b>Tabla 3.</b> Tratamientos según el diseño experimental .....	12
<b>Tabla 4.</b> Características de la pitahaya amarilla según el estado de madurez.....	18
<b>Tabla 5.</b> Características fisicoquímicas de pitahaya amarilla según el estado de madurez. .....	19
<b>Tabla 6.</b> Dureza (N) de pitahaya amarilla en dos estados de madurez.....	21
<b>Tabla 7.</b> Resultados de los parámetros del color de pitahaya en dos estados de madurez. .....	22
<b>Tabla 8.</b> Resultados del análisis sensorial de pitahaya de los tratamientos.....	24
<b>Tabla 9.</b> Características fisicoquímicas del mejor tratamiento T7 .....	27
<b>Tabla 10.</b> Determinación de color para el mejor tratamiento T7. ....	29
<b>Tabla 11.</b> Determinación de textura del mejor tratamiento.....	30

<b>Tabla 12.</b> Recuento microbiológico de pitahaya del mejor tratamiento (T7) y del control (TC).....	31
---	----

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta de pitahaya ( <i>Selenicereus megalanthus</i> ). Fuente: Sánchez, Fischer y Sanjuanelo (2013). .....	1
<b>Figura 2.</b> Variedades de pitahaya. Fuente: Lobo, Bender y Aguiar (2013). .....	4
<b>Figura 3.</b> Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pitahaya congelada con tecnología IQF.....	14
<b>Figura 4.</b> Círculo cromático. Fuente: Ramos (2019). .....	23
<b>Figura 5.</b> Parámetros sensoriales de pitahaya sometida a diferentes tratamientos.....	27
<b>Figura 6.</b> Tabla de color de la pitahaya amar.....	66

### ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo A:</b> Análisis fisicoquímicos de pitahaya en estado de madurez 3 y 4.....	46
<b>Anexo B:</b> Análisis sensorial de los tratamientos. ....	52
<b>Anexo C:</b> Análisis estadístico de la evaluación sensorial. ....	56
<b>Anexo D:</b> Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento. ....	62
<b>Anexo E:</b> Hoja de catación.....	65
<b>Anexo F:</b> Tabla de color de la pitahaya.....	66
<b>Anexo G:</b> Fotografías de la fase experimental. ....	67

## RESUMEN

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es un fruto de apariencia exótica, sabor agradable, alto valor nutricional y gran potencial de producción y consumo. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de la aplicación de la tecnología de congelación rápida individual (IQF) en la conservación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la pitahaya amarilla en rodajas. Se analizaron parámetros fisicoquímicos, textura y color en la pitahaya fresca en dos estados de madurez. Se aplicó un diseño experimental 2 elevado a la n con 2 réplicas, donde: A corresponde a estado de madurez de la fruta, B: tratamiento IQF y C: corte de las rodajas. El análisis sensorial determinó como el mejor tratamiento al T7 con pitahaya en estado de madurez 4, corte 1,0 cm de grosor y tratamiento IQF de menos 30 grados centígrados por 20 min, este tratamiento obtuvo altas puntuaciones por parte de los catadores entre gusta y gusta mucho. El mejor tratamiento presentó los siguientes valores en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos: humedad 76,62 por ciento; pH 4,16; acidez 0,15 por ciento, sólidos solubles totales 17,72 grados brix; textura 3,45 N; luminosidad 25,23 y una mínima carga microbiana de menos 10 UFC.g elevado a la menos uno. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación de la tecnología IQF en las rodajas de pitahaya permiten que sus características fisicoquímicas, texturales y de color sean similares a la fresca.

**Palabras claves:** fruta exótica, congelación rápida, tratamientos, características sensoriales, conservación de alimentos.

## ABSTRACT

The yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) is a fruit with an exotic appearance, pleasant taste, high nutritional value and great potential for production and consumption. The present research work aimed to study the effect of the application of individual quick freezing (IQF) technology on the preservation of the physicochemical and organoleptic properties of sliced yellow pitahaya. Physicochemical parameters, texture and color were analyzed in fresh pitahaya in two stages of maturity. An experimental design 2 raised to n was applied with 2 replications, where: A corresponds to the state of maturity of the fruit, B: IQF treatment and C: cut the slices. The sensory analysis determined as the best treatment to T7 with pitahaya in stage of maturity 4, cut 1.0 cm thick and IQF treatment of minus 30 degrees centigrade for 20 min, this treatment obtained high scores by the tasters between like and Like very much. The best treatment presented the following values in the physicochemical and microbiological parameters: humidity 76.62 percent; pH 4.16; acidity 0.15 percent, total soluble solids 17.72 degrees brix; texture 3.45 N; luminosity 25,23 and a minimum microbial load of minus 10 UFC.g raised to minus one. The results obtained demonstrated that the application of the IQF technology in the pitahaya slices allows their physicochemical, textural and color characteristics to be similar to fresh ones.

**Keywords:** exotic fruit, quick freezing, treatments, sensory characteristics, food conservation.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

##### 1.1.1 Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) es una planta de la familia de los cactus (Figura 1) con un fruto exótico, de forma ovoide, sabor dulce y agradable **Michael, Soplá y Uriarte (2013)**. Según **Sanchez y Villareal (2016)**, la planta pitahaya es un cactus rústico con tallos largos triangulares y tentáculos que se alimentan de su corteza. La formación del fruto a partir de la polinización hasta la recolección dura un periodo de tiempo entre 4 y 8 meses. El fruto obtenido es de aspecto ovoide (10 cm de largo y 6 cm de ancho), con un color externo que va del verde a amarillo durante su desarrollo y piel escamosa (espinas duras y agudas).



**Figura 1.** Planta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). Fuente: Sánchez, Fischer y Sanjuanelo (2013).

Según **Vera (2017)**, el fruto posee un alto contenido de agua, carbohidratos y en menor cantidad hierro, calcio, fósforo y proteína vegetal. Adicionalmente, se destaca su bajo aporte calórico, acción antioxidante, contenido de vitamina C y participación en la

construcción de huesos, dientes, glóbulos rojos y colágeno. **Sotomayor et al. (2019)** señalan que el fruto presenta un color amarillo en su corteza, recubierta de espinos, y una pulpa blanca con pequeñas semillas negras. Se le considera un fruto exótico debido a su color, sabor y apariencia.

**Bravo (2019)** menciona que la pitahaya es una fruta exótica del hemisferio occidental, descubierta en el siglo XIII en forma silvestre por los conquistadores españoles en Centroamérica, México, Colombia y las Antillas, quienes le dieron el nombre de pitaya que significa fruta escamosa. Actualmente, la variedad amarilla se cultiva en zonas tropicales y tropicales altas de Colombia, Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela, y la roja en México, Nicaragua y Vietnam.

En Ecuador, el sitio de mayor producción de pitahaya es Palora, ubicada en el noroccidente de la Provincia de Morona Santiago, con 672 productores, 1.528 ha sembradas y 664 ha en producción (**GAD Municipal Palora, 2019**).

### **1.1.2 Botánica de la pitahaya**

La pitahaya pertenece a la familia de las cactáceas, es perenne, trepadora y epífita; por su forma no puede sostenerse por sí sola, por ende necesita de un soporte para su crecimiento, y se encuentra dentro del grupo de frutos no climatéricos (**Figueroa y Mollinedo, 2017**).

La pitahaya amarilla posee un sistema radicular frondoso, el mismo que se divide en dos tipos de raíces: las primarias que crecen a nivel del suelo y pueden alcanzar una profundidad de 2 a 10 pulgadas, y las secundarias que se desarrollan en la parte aérea, mismas que se adhieren y se sostienen en cortezas, plantas y rocas (**Chocaca, 2019**).

**Vasquez (2018)** afirma que la flor de la pitahaya es hermafrodita, proviene de las axilas de las espinas con pétalos finos de color blanco o rosado; además, es vistosa y tubular, mide cerca de 20 cm, y se abre una sola vez en la noche después de haber sido polinizada. Los tallos de la pitahaya al poseer altos niveles de agua son conocidos como suculentos y su epidermis es gruesa con estomas alrededor de la misma.

El fruto posee una forma ovoide, mide alrededor de 12 cm de largo y 10 - 12 cm de diámetro, su peso varía de 180 a 250 g en promedio (depende del calibre), posee una cáscara que va del verde hasta el amarillo dependiendo del estado de madurez (1- 6). La epidermis se encuentra cubierta de mamilas, las cuales poseen miles de espinas. Su pulpa es blanca, dulce y fragante, con pequeñas semillas negras comestibles, mismas que están recubiertas de una sustancia mucilaginosa (**Paredes, 2014**).

### 1.1.3 Taxonomía de la pitahaya

Según **Sanchez (2017)**, la taxonomía de la pitahaya amarilla es la siguiente:

Reino: Plantae.

División: Angiospermae.

Clase: Equisetopsida C. Agardh.

Orden: Caryophyllales Juss.

Familia: Cactaceae Juss.

Género: *Selenicereus*.

Especie: *S. megalanthus*.

Nombre común: Pitahaya amarilla o pitahaya.

**Kondo, Martínez, Medina, Rebolledo, y Cardozo (2013)** indican que la pitahaya amarilla presenta muchos sinónimos en la literatura científica: *Acanthocereus pitajaya*, *Acanthocereus colombianus*, *Cactus triangularis*, *Cereus compresus*, *Cereus megalanthus*, *Cereus triangularis*, *Cereus pitahaya*, *Cereus undatus*, *Cereus variabilis*, *Hylocereus triangularis*, *Melocactus coccineus*, *Selenicereus grandiflorus* y *Stenocereus stellatus* *Mediocactus megalanthus*, *Acanthocereus pitahaya*.

### 1.1.4 Variedades

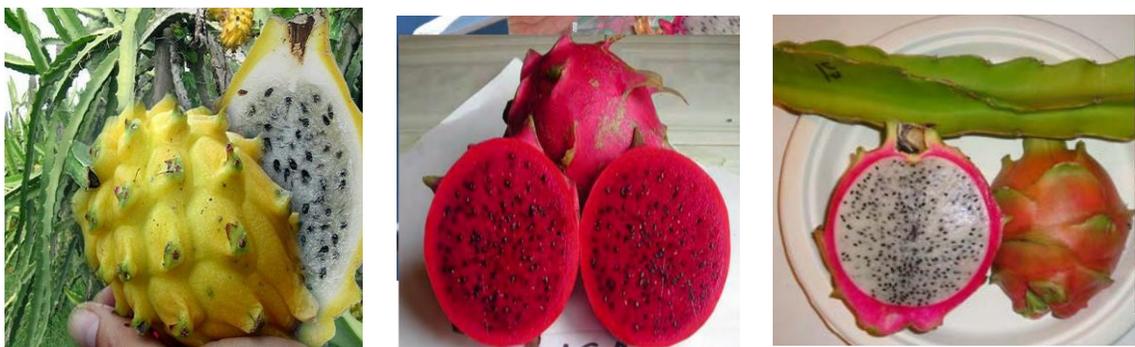
Los frutos de pitahaya provienen de dos géneros: *Hylocereus* y *Selenicereus* (Figura 2).

Según **Beltrán (2015)**, el género *Hylocereus* posee dos variedades:

- *Hylocereus undatus*, con cáscara roja, pulpa blanca y diminutas semillas negras, sabor agradable y dulce.
- *Hylocereus polyrhizus*, con pericarpio rojo, pulpa roja y miles de pequeñas semillas de color negro, muy aromática y agradable dulzor.

La pitahaya roja tiene gran acogida en Europa y Estados Unidos por su increíble apariencia y gran aporte nutricional, por lo cual ha sido utilizada en el campo de la salud y belleza (Arauz, 2020).

El género *Selenicereus* posee una tonalidad que va desde el verde hasta el amarillo, dependiendo de su estado de madurez, con una pulpa de color blanco y pequeñas semillas de color negro. Su pericarpio es ovoide y está cubierto por espinas, presenta un sabor dulce y aroma fragante, generalmente mide 90 mm de largo y 65-70 mm de diámetro. Este fruto es exclusivo de Colombia, Nicaragua y se ha expandido por Sudamérica (Noboa, 2016).



A) Pitahaya amarilla      B) Pitahaya roja con pulpa roja      C) Pitahaya roja con pulpa blanca

**Figura 2.** Variedades de pitahaya. Fuente: Lobo, Bender y Aguiar (2013).

### 1.1.5 Pitahayas cultivadas en Ecuador

En el Ecuador existen dos tipos de cultivo de pitahaya: roja y amarilla. La amarilla se localiza en el Noroccidente de Pichincha, Imbabura y la mayoría de la región Amazónica; mientras que la roja se encuentra en la provincia del Guayas. En la amarilla existen dos ecotipos: Nacional y Palora; el primer ecotipo hace referencia a los cultivos en la provincia de Pichincha, Pacto, Guala, La Delicia, Alluriquin, Mindo, El Paraíso, Santa Isabel,

Pallatanga, La Mana, Piñas, Intag y Lita; mientras el ecotipo Palora es cultivado en la mayoría de la región Amazónica, principalmente en el cantón Palora, provincia de Morona Santiago (Trujillo, 2014).

### 1.1.6 Composición nutricional

**Enciso (2019)** indica que tanto la pitahaya amarilla como la roja contienen altas cantidades de agua en su interior (cerca del 90 %), y de cada 100 g de fruta el 55 % es comestible. La composición química de la pitahaya amarilla se muestra en la Tabla 1. Su contenido de fibra, calcio y fósforo explican sus propiedades curativas entre las que se destacan: laxante natural, regulador de la presión arterial y acción protectora contra úlceras y acidez estomacal. La presencia de vitamina C ayuda a la formación de huesos, dientes, colágeno y glóbulos rojos, y su alta capacidad antioxidante facilita la eliminación de radicales libres (**Condor, 2019**).

**Tabla 1.** Composición química y nutricional de la pitahaya amarilla.

Componentes	Cantidad (g/ 100 g de pulpa de pitahaya)
Calorías	36,0
Agua	89,4
Proteínas	0,5
Grasas	0,1
Carbohidratos	9,2
Fibra	0,3
Cenizas	0,5
Calcio	6,0
Fosforo	19,0
Hierro	0,4

**Fuente:** (Guerrero, 2014).

### **1.1.7 Producción de pitahaya en Ecuador**

Ecuador cuenta con 3000 ha de cultivos entre pitahaya amarilla y roja, siendo las principales provincias de producción: Morona Santiago (Palora), Pichincha (Pedro Vicente Maldonado) y Santo Domingo (Santo Domingo) con 290,58 y 10 ha de superficie sembrada. La producción varía cada año debido a su creciente demanda, y al ser una fruta de temporada (febrero, marzo, julio y agosto) existe escasez en ciertas épocas del año **(Condor, 2019)**. **Santana, Zabala, Villaroel y Sarduy (2020)** señalan el aumento de la producción en el cantón Palora, pues actualmente existen 1500 ha establecidas de pitahaya, de las cuales 700 se encuentran en producción constante.

### **1.1.8 Consumo y exportaciones de pitahaya**

La pitahaya es consumida en fresco y la forma de comercialización se efectúa como pulpa congelada y en fresco. En el mercado internacional se aprecia sus propiedades benéficas asociadas al contenido de aceite de sus semillas que permite una mejor digestión, y al contenido de captina como un tónico del corazón y calmante de los nervios **(Aguilar, 2016)**. La mayoría de países importadores prefieren esta fruta por las nuevas tendencias de alimentación nutritiva y por sus cualidades inigualables de dulzor, sabor y aroma **(Ortega, León y Rosas 2019)**.

Los mayores importadores de pitahaya son: Estados Unidos, Japón, Unión Europea y Canadá, mientras que los mayores exportadores son: Israel, México y Nicaragua. **Ortiz, Soto y Vélez (2017)** afirman que China, Vietnam y Países Bajos son países con alto índice de importación. En el caso de China y Vietnam existe preferencia hacia la pitahaya roja y en menor grado por la amarilla; por el contrario, la mayoría de los Países Bajos eligen la amarilla.

Los principales destinos de las exportaciones de pitahaya del Ecuador son los países asiáticos: Hong Kong exhibió una participación de 53 % con USD 1,7 millones, Singapur 20 % con USD 639,000 e Indonesia 7 % con USD 229,000 **(PRO ECUADOR, 2016)**. En el 2019, Ecuador exportó 1 millón de kilos de pitahaya con destino a la Unión Europea,

Asia y Estados Unidos proveniente de la hacienda Sangay, ubicada en la ciudad de Palora, Morona Santiago, siendo la mayor productora del país. Actualmente existen 672 productores que tienen sembradas 1.528 ha con cultivos de pitahaya (**Maisanche, 2019**).

Según el **MAGAP (2020)**, en 2018 las ventas al exterior de la fruta llegaron a 3.846,866 kg, equivalente a USD 27.515,993. La producción se concentró en Palora, Morona Santiago. Mientras que, en 2019 Ecuador presentó un crecimiento del 63 % en las exportaciones de este fruto y los países de llegada fueron: Hong Kong 48 %, Estados Unidos 41 % y entre Canadá, Francia y Países Bajos un 11 %.

### **1.1.9 Tecnología IQF en la conservación de alimentos**

**Según Vélez et al. (2017)**, la congelación convencional implica una serie de cambios físicos que pueden afectar en gran magnitud la calidad del producto; contrariamente, la congelación rápida IQF es un proceso que afecta en menor grado la calidad del alimento congelado. La congelación IQF se aplica en la conservación de alimentos sólidos como verduras, carnes y frutas con el fin de preservar la mayor parte de sus propiedades mediante la ralentización de las actividades bioquímicas en el alimento. El proceso implica la exposición del producto a bajas temperaturas por un periodo de tiempo corto (**Jagetić, Habazin y Špoljarić, 2015**).

**Kamiloglu (2019)** explica que la tecnología IQF preserva la integridad celular debido a la formación de pequeños cristales de hielo intracelulares, lo cual fue confirmado por estudios microscópicos. Los microcristales de hielo dentro de las células de los tejidos del alimento evitan la ruptura de los tejidos vegetales; por lo tanto, al descongelar el producto no existe derrame de fluidos celulares, lo cual garantiza una textura, valor nutritivo y sabor igual al de un producto fresco. Investigaciones realizadas por **Otero et al. (2013)** indican que los sistemas de congelación IQF aumentan la superficie de contacto entre el medio de refrigeración y el alimento; por lo tanto, el alimento debe ser de tamaño pequeño, o haber sido dividido con anterioridad. En el sistema IQF, el producto debe reducir su tamaño para aumentar considerablemente la relación superficie/volumen. Además, el IQF es

ventajoso en productos con elevado contenido en agua, difíciles de congelar sin que se peguen unos con otros.

En la industria alimentaria se han desarrollado dos sistemas IQF: (1) Congelación por lecho de impacto, en la que el producto recibe gran cantidad de chorros de aire frío a gran velocidad que impactan sobre su superficie inferior y superior; y (2) Congelación en lecho fluidizado, en la que el producto es colocado en un túnel, mismo que fluye a través de una corriente de aire frío. La alta turbulencia y las interacciones fluido - partícula generadas en estos sistemas incrementan la eficacia de la transferencia de calor con lo que los tiempos de congelación se reducen considerablemente (**Quispe, 2017**). Los tiempos de retención de estos procesos son mínimos, provocando que no se logre congelar la superficie del producto y se peguen entre ellos (**Hurtado, 2014**).

Existen diversos trabajos de investigación sobre la aplicación de la congelación IQF, así: **Quispe (2019)** somete la papa al paso forzado de aire a - 30 y - 40 °C, con el fin de garantizar su valor nutritivo, sabor y textura similar al original. **Ulloa (2018)** indica que la congelación en vegetales (yucas, papas, zanahorias) se produce a temperaturas entre - 18 y - 40 °C por tiempos cortos de 10 a 12 min, y cortados en forma de bastones de 7×1×1 cm. **Córdova (2018)** señala que frutas grandes como el mango y el melón deben trocearse (2,5 cm x 2,5 cm), aplicarse temperaturas de - 18 °C y tiempos cortos de 10 a 15 min, y utilizarse alta velocidad de aire (2500 pies/min) para eliminar rápidamente el calor. **Jaramillo (2016)** menciona que al someter pedazos de pollo cortados en láminas de 2 a 3 cm de grosor a congelación IQF se reduce significativamente los tiempos de congelación en un 92,8 %, y reitera la importancia de la cadena de frío en la vida útil de los productos cárnicos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

- Estudiar el efecto de la aplicación de la tecnología de congelación rápida individual (IQF) en la conservación de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en rodajas.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Determinar las características fisicoquímicas de la pitahaya amarilla en dos estados de madurez (3 y 4).
- Evaluar el estado de madurez y el tipo de corte de la pitahaya amarilla, condiciones de temperatura y tiempo de congelación IQF
- Determinar el mejor tratamiento en base a los atributos sensoriales de la pitahaya de los diferentes tratamientos.
- Evaluar las características fisicoquímicas y la calidad microbiológica de la pitahaya del mejor tratamiento.

### **1.3 Hipótesis**

#### **1.3.1 Hipótesis nula ( $H_0$ )**

El estado de madurez, el tratamiento IQF y el corte no influyen en las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la pitahaya amarilla.

#### **1.3.2 Hipótesis alternativa ( $H_a$ )**

El estado de madurez, el tratamiento IQF y el corte influyen en las características fisicoquímicas, químicas, sensoriales y microbiológicas de la pitahaya amarilla.

### **1.4 Señalamiento de variables**

#### **1.4.1 Variable independiente**

- Tratamiento IQF

#### **1.4.2 Variables dependientes**

- Características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la pitahaya amarilla.

## CAPÍTULO II

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 2.1. Materiales

##### 2.1.1 Materia prima

###### 2.1.1.1 Muestras de pitahaya

Para la presente investigación se adquirió pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en la ciudad de Palora - Morona Santiago. Se escogieron frutos de pitahayas que cumplían con los requerimientos mínimos de calidad, con un calibre D (201 - 260 g) y estado de madurez 3 y 4 establecidos en la Tabla de Color (Anexo F). La fruta fue trasladada al laboratorio de la Facultad de Ciencias de Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), desespina con un cepillo de cerdas plásticas, lavada y desinfectada con una solución de cloro 50 ppm, y almacenada en refrigeración para su análisis y procesamiento.

###### 2.1.1.2 Insumos

Un litro de cloro comercial, adquirido en la Casa del Químico de la ciudad de Ambato.

##### 2.1.2 Materiales

###### 2.1.2.1 Materiales

- Fundas Ziploc
- Mascarillas
- Guantes
- Papel aluminio
- Etiquetas
- Toallas absorbentes de cocina
- Tinajas y baldes de plástico
- Utensilios de cocina (cuchillos, platos, jarras y bandejas)

###### 2.1.2.2 Materiales de laboratorio

- Cajas Petri
- Frascos de tapa azul de 250 y 500 ml
- Probetas de 50 ml
- Vasos de precipitación de 250, 500 y 1000 ml
- Puntas de 200 y 1000  $\mu$ L
- Micropipetas
- Fundas para equipo Stomacher

### **2.1.2.3 Reactivos**

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NAOH) 0,1N

### **2.1.3 Equipos**

- Refrigeradora LG
- Balanza analítica (OHAUS Modelo V71P30T)
- Balanza infrarroja
- Titulador de acidez automático
- Colorímetro Lovibond
- Congelador IQF
- Penetrómetro MACK CORNICK
- Plancha de calentamiento y agitación VWR (Hotplate/Stirrer)
- Refractómetro de bolsillo (escala 58 - 92 °Brix) ATAGO TM
- Stomacher 400 Circulator
- Cabina de flujo laminar

## **2.2 Métodos**

### **2.2.1 Diseño Experimental**

Se aplicó un diseño experimental 2<sup>n</sup> con tres factores, dos niveles por factor y dos réplicas (Tabla 2). Los factores de estudio fueron: A (estado de madurez), B (tratamiento IQF) y C (corte), con un total de 8 tratamientos (Tabla 3).

**Tabla 2.** Diseño experimental 2<sup>a</sup>

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
A: Estado de madurez	A <sub>0</sub> : color 3 (verde 50 % - amarillo 50 %)
	A <sub>1</sub> : color 4 (verde 25 % - amarillo 75 %)
B: Tratamiento IQF	B <sub>0</sub> : -35 °C por 25 min
	B <sub>1</sub> : -30 °C por 20 min
C: Corte en rodajas	C <sub>0</sub> : 1,0 cm de espesor
	C <sub>1</sub> : 1,5 cm de espesor

**Fuente:** Pichuasamin, E (2020).

**Tabla 3.** Tratamientos según el diseño experimental

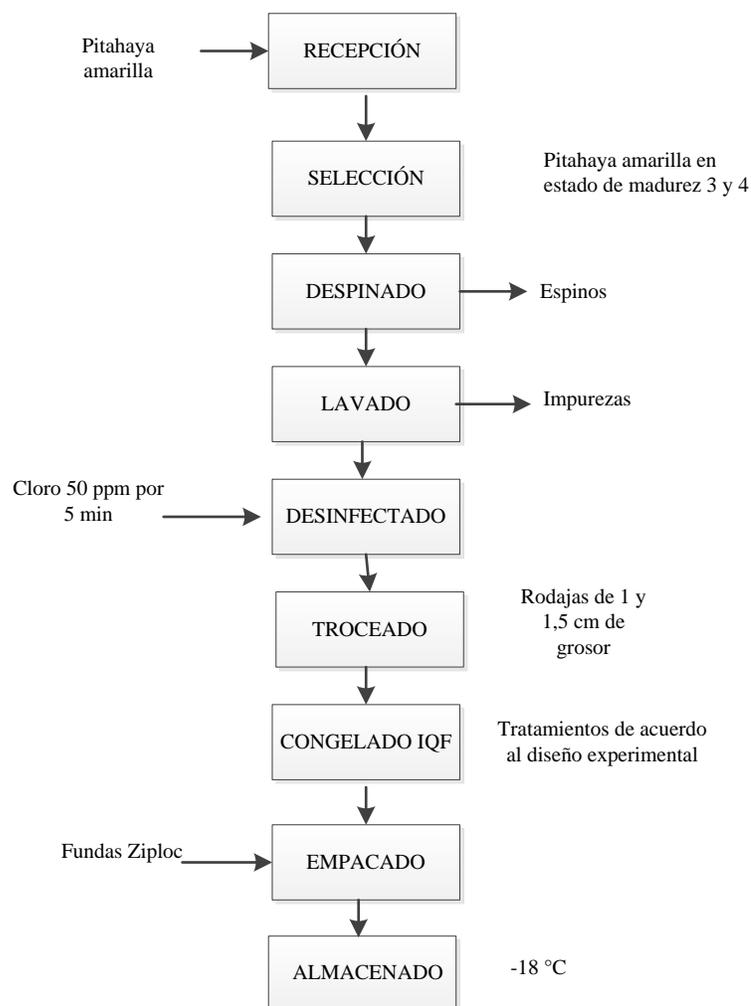
<b>Combinación</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Madurez</b>	<b>Corte (cm)</b>	<b>Tratamiento IQF</b>
A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	1	3	1,0	-35 °C, 25 min
A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>1</sub>	2	3	1,5	-35 °C, 25 min
A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub>	3	3	1,0	-30 °C, 20 min
A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	4	3	1,5	-30 °C, 20 min
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	5	4	1,0	-35 °C, 25 min
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> C <sub>1</sub>	6	4	1,5	-35 °C, 25 min
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub>	7	4	1,0	-30 °C, 20 min
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	8	4	1,5	-30 °C, 20 min

**Fuente:** Pichuasamin, E (2020).

### 2.2.2 Proceso de congelación IQF de pitahaya amarilla en rodajas

Para la elaboración de rodajas de pitahaya amarilla congelada en IQF se siguió la metodología descrita por (Ulloa, 2018), cuyo proceso se observa en el diagrama de flujo (Figura 3) y que se detalla a continuación:

- a) **Selección:** Se eliminaron las unidades de pitahaya que presentaron daños mecánicos o pudrición. Luego, los frutos enteros se seleccionaron en función de su estado de madurez (3 y 4) utilizando la Tabla de Color (Anexo F).
- b) **Despinado:** Se eliminaron las espinas con la ayuda de un cepillo de cerdas plásticas
- c) **Lavado:** Se lavaron los frutos con abundante agua hasta eliminar sus impurezas.
- d) **Desinfectado:** Se desinfectaron las pitahayas en una solución de hipoclorito de sodio a una concentración de 50 ppm por 5 minutos.
- e) **Pelado:** Se eliminaron manualmente las mamilas utilizando un cuchillo de cocina.
- f) **Troceado:** Se realizó el troceado en forma de rodajas de 1,0 y 1,5 cm de espesor.
- g) **Congelado:** Los trozos de pitahaya fueron sometidos a los tratamientos señalados en el diseño experimental (Tabla 2).
- h) **Empacado:** Los trozos de pitahaya congelada se empacaron en fundas Ziploc, previamente etiquetadas
- i) **Almacenado:** La pitahaya empacada se almacenó en un congelador a una temperatura de -18 °C.



**Figura 3.** Diagrama de flujo del proceso de elaboración de pitahaya congelada con tecnología IQF.

**Fuente:** Pichuasamin, E (2020).

### 2.2.3 Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Se tomaron muestras de pitahaya en estado de madurez 3 y 4, y fueron sometidas a los siguientes análisis fisicoquímicos.

#### 2.2.3.1 Humedad

La humedad se determinó en una balanza infrarroja **Mettler Toledo Hx 204, método 930.15 A.O.A.C. 2000**. Para ello, se limpió el platillo de la balanza con ayuda de una

brocha, luego se procedió a tarar el equipo, seguido se pesó 3 g de muestra de pitahaya directamente en el platillo de la balanza y se secó a 150 °C hasta llegar a un peso constante. El equipo reportó el porcentaje de humedad directamente.

#### **2.2.3.2 Acidez**

Para determinar la acidez (%) se utilizó el método reportado en la norma ecuatoriana **INEN-ISO 750 (2013c)**. Primero, se realizó una dilución de 2 g de muestra en 40 ml de agua destilada; una vez homogenizada la muestra se realizó la prueba en un titulador automático utilizando Na (OH) 0,1 N para titular la muestra hasta un valor de pH final de  $8,3 \pm 0,2$  (Mettler Toledo G20 – Titrator Compact). Los resultados fueron expresados como porcentaje en función del ácido cítrico contenido en la muestra y se calculó con la siguiente ecuación (1):

Ec. (1)

$$\% A = \frac{N * V * F}{m} * 100\%$$

N = Normalidad de Na (OH) (0,1 N).

V = Volumen de Na (OH) al 0,1 N gastado en ml.

F = Factor de acidez del ácido cítrico (0,064).

m = Peso de la alícuota en g.

#### **2.2.3.3 Potencial Hidrógeno (pH)**

Para determinar el pH de la pitahaya se utilizó la norma **INEN-ISO 1842 (2013a)**, utilizando una dilución de 2 g de muestra en 40 ml de agua destilada directamente en el pH-metro automático (Mettler Toledo – G20), inmediatamente el equipo registró el valor de pH.

#### **2.2.3.4 Sólidos solubles totales**

Se determinó los sólidos solubles totales (SST en °Brix) en las muestras de pitahaya siguiendo la metodología de la norma **NTE INEN 380, (1988)**. La medición se obtuvo con

un Brixómetro Marac d. Para esto, se colocó en el prisma una gota del filtrado de 10 g de muestra en 50 ml de agua destilada y se procedió a observar la lectura.

### **2.2.3.5 Colorimetría**

Se realizó el análisis de color siguiendo la metodología de Samaniego, 2019, para lo cual se utilizó un colorímetro Lovibond previamente calibrado. Se pesó 20 g de muestra en cajas Petri pequeñas y se midió el color en 10 réplicas por cada estado de madurez. Los resultados expresaron valores de  $L^*$  = luminosidad,  $a^*$  = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde),  $b^*$  = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, - b indica azul). Una vez tomados los datos de  $a^*$  y  $b^*$ , se empleó las ecuaciones 2 y 3 para calcular croma ( $C^*$ ) y tono ( $^{\circ}H$ ), respectivamente.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$^{\circ}H = \arctg \frac{b^*}{a^*} \quad \text{Ec. (3)}$$

### **2.2.3.6 Análisis de textura**

Para el análisis de textura se siguió el siguiente procedimiento: primero se colocó el émbolo adecuado para pitahaya en el penetrómetro, se calibró y se colocó la muestra en forma vertical, seguido se presionó el penetrómetro de tal forma que el pistón ingrese a la muestra progresivamente y no de golpe, se aplicó 10 mediciones por cada estado de madurez (Cazar, 2016).

### **2.2.4 Análisis sensorial de los tratamientos**

Para el análisis sensorial de las muestras de los diferentes tratamientos, se elaboró una ficha de evaluación sensorial (Anexo E) considerando los parámetros hedónicos: color, sabor, olor y aceptabilidad del producto. El panel de catación estuvo conformado por 15 catadores semientrenados de la FCIAB. Los catadores calificaron cada muestra considerando una escala hedónica de 5 puntos para los parámetros de color, sabor, olor y aceptabilidad, donde el 1 corresponde a disgusta mucho y 5 concierne a gusta mucho. Los

parámetros de color y aceptabilidad fueron evaluados con muestra congelada, mientras que los de sabor y olor fueron medidos con muestra descongelada. Las muestras fueron exhibidas en platos desechables blancos y cada muestra fue codificada con números de tres dígitos aleatoriamente. Los resultados se procesaron mediante un diseño experimental 2<sup>n</sup> (Cochran et al., 1965).

### **2.2.5 Análisis estadístico**

A partir de los resultados obtenidos de la fase experimental, se procedió a elaborar tablas de datos con sus respectivas medias y desviaciones estándar y los gráficos necesarios. Para determinar el mejor tratamiento se utilizó los valores obtenidos de los parámetros del análisis sensorial y se trabajó con el test de comparación de pares de Tukey ( $P < 0,05$ ) del paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XVI Versión16-1-03.

### **2.2.6 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento**

Los parámetros fisicoquímicos determinados en las muestras del mejor tratamiento fueron: acidez, sólidos solubles totales, textura y colorimetría mediante los procedimientos señalados anteriormente. Previo a la determinación, la muestra fue descongelada, colocando la pitahaya en la parte baja de la nevera a una temperatura constante de 4 °C durante 24 horas.

### **2.2.7 Análisis microbiológico**

Para el recuento microbiano de aerobios mesófilos y coliformes de las muestras del mejor tratamiento y de la muestra control (pitahaya fresca) se utilizaron las siguientes normas NTE INEN:

- Aerobios mesófilos, norma **NTE INEN 1529-5 (2006)**.
- Coliformes, norma **NTE INEN 1529-8 (1990)**.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1 Estado de madurez

**Arteaga, Andrade y Moreno (2014)** definen el estado de madurez de un fruto como el conjunto de cambios externos, de sabor y de textura que un fruto experimenta desde su cosecha cuando alcanza su máximo tamaño y completa su desarrollo fisiológico. En la Tabla 4 se presenta las características de la pitahaya amarilla según el estado de madurez 3 y 4. Se observa en el estado de madurez 3, una pitahaya de color verde-amarillo, con un inicio de llenado de mamilas y un alisamiento; mientras que en el 4 se tiene una pitahaya con coloración más amarilla y un mayor alisamiento de las mamilas con un color ligeramente verde en las puntas.

**Tabla 4.** Características de la pitahaya amarilla según el estado de madurez.

Estado de madurez	
3	4
<ul style="list-style-type: none"><li>• Color verde-amarillo.</li><li>• Mamilas con inicio de llenado y alisamiento.</li><li>• Puntas de color verde.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Color amarillo.</li><li>• Mamilas con mayor alisamiento.</li><li>• Puntas de color ligeramente verde.</li></ul>
	

**Herrera, Salazar, Martínez y Ruiz (2017)** mencionan la diferencia entre el índice de madurez fisiológica y la madurez comercial, siendo la primera cuando el fruto alcanza su desarrollo completo, mientras que la segunda indica el estado idóneo para su comercialización y el más aceptable para el consumidor. Tanto para el consumo como para la industrialización, la pitahaya más idónea es en estado de madurez 4, ya que presenta una mejor apariencia y mejores características fisicoquímicas para el proceso industrial de elaboración de pulpas, fruta congelada en trozos, jugos y néctares.

### 3.2 Análisis fisicoquímicos de la materia prima

Los resultados de las características fisicoquímicas de la pitahaya amarilla en los estados de madurez 3 y 4 se presentan en el Anexo A (desde la Tabla A1 a la Tabla A8); y en la Tabla 5 se muestran las medias y desviación estándar del rendimiento, humedad, pH, acidez y sólidos solubles totales de la pitahaya según el estado de madurez.

**Tabla 5.** Características fisicoquímicas de pitahaya amarilla según el estado de madurez.

Parámetros	Pitahaya	
	Madurez 3	Madurez 4
Rendimiento (%)	42,54 ± 3,55	60,66 ± 3,16
Humedad (%)	82,00 ± 3,02	78,65 ± 2,15
pH	4,45 ± 0,20	4,50 ± 0,16
Acidez (%)	0,15 ± 0,03	0,14 ± 0,03
Sólidos solubles totales (°Brix)	13,13 ± 1,61	17,77 ± 1,16

Los valores corresponden a las medias de n=10 y la desviación estándar.

En lo que se refiere al rendimiento, se observa que la pitahaya de madurez 4 obtuvo un valor más alto con respecto al de madurez 3, según **Menezes, Ramos, de Oliveira Lima, Costa, Moraes y Resende (2015)**, la pérdida de masa es superior cuanto mayor es el grado de madurez del fruto. El crecimiento del fruto es un proceso que se extiende desde la floración hasta la maduración, aunque la velocidad del proceso es variable. La mayor parte del aumento en peso fresco del fruto se debe a la acumulación de agua y su contenido es

máximo hasta el momento de la maduración comercial (**Arena, 2016**). Además, **Sotomayor et al (2019)** afirman que el contenido de almidón de la pitahaya es mayor en un estado de maduración del 0 al 3, y al pasar a un estado de madurez de 4, 5 y 6 el almidón se transforma totalmente en azúcares, provocando así que el fruto tenga un mayor calibre y un mayor o total alisamiento de las mamilas.

En cuanto a la humedad, **Vásquez et al. (2016)** afirman que la humedad de la pitahaya va desde un 70 % a un 80 %. De la misma manera, **Vásquez (2019)** menciona que al realizar un estudio en pitahayas amarillas frescas, el porcentaje de humedad está entre 70 % a un 85 % dependiendo del estado de madurez en el que se encuentre la fruta. La pitahaya al tener un alto contenido de agua en su composición posee un mayor riesgo de deterioro; además, el conocer el contenido de humedad de la fruta contribuye a la correcta manipulación y control en los procesos industriales a fin de minimizar sus pérdidas (**Pasquel, 2016**).

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos de pH, acidez y SST de la pitahaya del presente estudio son similares a los reportados por **Cañar, Caetano y Creusi (2014)**, quienes aseveran que la pitahaya en un estado 4 (madurez comercial) presenta un pH 4,72; acidez 0,14 % y SST 14,29 °Brix. De igual manera, los datos obtenidos por **Tinitana (2014)** para pitahaya en estado de madurez 4 con pH  $4,46 \pm 0,04$ , acidez titulable  $0,11 \pm 0,01$  (% ácido cítrico) y SST en un rango de 16 - 18 °Brix confirman los valores reportados por la presente investigación. Dada la similitud de los resultados de las características fisicoquímicas de la investigación y los bibliográficos, se considera que el estado de madurez 4 es el más idóneo para la comercialización y la producción de nuevos productos de pitahaya.

También **Guerrero (2014)** muestra valores fisicoquímicos de pitahaya amarilla en un estado de madurez 3 con pH  $4,32 \pm 0,02$ , acidez  $0,17 \% \pm 0,02$  y SST  $15,83 \pm 0,52$  °Brix; ligeramente más ácido y alto en azúcares con respecto a los valores obtenidos en el presente estudio para pitahaya con el mismo estado de madurez. En el estudio realizado por **Sotomayor et al (2019)**, se observa cómo los valores de pH aumentan con relación a su estado de madurez, siendo para el estado 0: 4,05 y para el 6: 4,7, es decir, a mayor

madurez, mayor el valor de pH. Similar comportamiento se muestra en los sólidos solubles, a mayor madurez, mayor es el contenido de azúcares (18 – 20 %) en la fruta. Mientras en la acidez, la relación fue inversamente proporcional con respecto a la madurez, ya que a mayor madurez menor el porcentaje de acidez, observándose un valor de 0,26 % en estado de madurez 0 y de 0,14 % en la madurez completa.

### 3.2.1 Análisis de textura en la pitahaya fresca

Los resultados de la textura de la pitahaya amarilla en los estados de madurez 3 y 4 se presentan en el Anexo A (Tabla A9 y Tabla A10): Las medias y desviación estándar del perfil de textura de las muestras de pitahaya con madurez 3 y 4 se indica en la Tabla 6, observándose valores promedios de  $6,96 \pm 0,57$  N y  $5,27 \pm 0,58$  N, respectivamente. Los resultados de textura de la pitahaya con madurez 3 se aproximan a los datos reportados por **Menezes, Ramos, de Oliveira Lima, Costa, Moraes y Resende (2015)**, con valores de 6,71 N y 6,37 N a los 36 y 46 días después de la cosecha, respectivamente. La firmeza o dureza se relaciona con la fuerza requerida para comprimir una sustancia o alimento con los dientes molares o con la lengua y el paladar (**González, Alvis y Arrázola, 2015**).

**Tabla 6.** Dureza (N) de pitahaya amarilla en dos estados de madurez.

Madurez	Dureza (N)		
	R1	R2	Promedio
3	$7,03 \pm 0,69$	$6,88 \pm 0,45$	$6,96 \pm 0,57$
4	$5,45 \pm 0,86$	$5,09 \pm 0,30$	$5,27 \pm 0,58$

Los valores corresponden a las medias de n= 10 mediciones y la desviación estándar.

**Enciso, Ibarra, Muy-Rangel, Valdez, Villareal y Hernandez (2015)** realizaron un estudio en pitahaya amarilla con tres diferentes estados de madurez, obteniendo valores de dureza en la madurez inicial de 6,13 N (25 % – 50 % color), madurez media 5,27 N (50 % – 75 % color) y madurez completa 4,86 N (75 % – 100 % color). Estos datos concuerdan con los obtenidos en la presente investigación e indican que a una mayor

madurez de la fruta existe una pérdida de dureza en su parte comestible, explicando que este ablandamiento tiene relación con el incremento de la actividad de la enzima pectinmetilesterasa (Aguilar, 2016).

### 3.2.2 Análisis colorimétrico de la pitahaya

Los resultados del análisis de color de la pitahaya amarilla en los estados de madurez 3 y 4 se presentan en el Anexo A (Tabla A11); y en la Tabla 7 se presentan las medias y desviación estándar de los parámetros del color de la pitahaya en los indicados estados de madurez.

**Tabla 7.** Resultados de los parámetros del color de pitahaya en dos estados de madurez.

Madurez	Parámetros				
	L*	a*	b*	C*	°H
3	37,00 ± 1,65	-1,07 ± 0,70	3,03 ± 3,44	3,50 ± 3,06	143,80 ± 1,06
4	28,43 ± 3,42	-0,20 ± 0,92	3,67 ± 1,07	3,77 ± 1,16	82,3 ± 6,39

Los valores corresponden a las medias de n=3 mediciones y la desviación estándar.

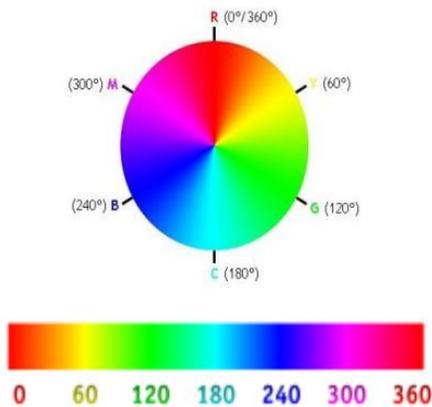
Al comparar los valores de L\* (Luminosidad), la pitahaya de madurez 3 (37,00 ± 1,65) es la que mayor luminosidad presenta con relación a la de madurez 4 (28,43 ± 3,42), debido a la relación inversamente proporcional que existe entre luminosidad y madurez de la fruta. El color es un indicativo que se desarrolla e intensifica debido a la acumulación de antocianinas y carotenoides que se encuentran enmascaradas por las clorofilas cuando la fruta todavía está verde o inmadura (Cazar, 2016).

En lo que se refiere a las coordenadas cromáticas a\* y b\*, se obtuvo valores de a\* de -1,07 ± 0,70 en madurez 3 y de -0,20 ± 0,92 en madurez 4; es decir, ambas muestras presentan una ligera tendencia al color verde (a\* negativo); mientras que para la coordenada b\* se obtuvo valores de 3,03 ± 3,44 en madurez 3 y 3,67 ± 1,07 en madurez 4, notándose así una tendencia hacia el color amarillo. **Liaotrakoon y Liaotrakoon**

(2018) en un estudio del color de la pulpa de pitahaya amarilla obtuvieron datos de luminosidad de  $39,09 \pm 0,77$  y de sus coordenadas  $a^*$  y  $b^*$ :  $-0,34 \pm 0,06$  y  $-3,55 \pm 0,13$  respectivamente, resultados similares a los obtenidos en la presente investigación. Luego, la pitahaya (parte comestible) es luminosa, con tendencias al verde en la coordenada  $a^*$  y con un ligero color amarillo en la coordenada  $b^*$  y con una saturación brillante, esto se debe al pigmento (betaxantina) propio de la pitahaya amarilla de pulpa blanca.

El  $C^*$  es el parámetro que mide la intensidad del color, determinándose que la pitahaya de madurez 4 posee una saturación más brillante que la muestra de madurez 3, debido a que la muestra con madurez 4 al haber alcanzado una madurez óptima (comercial) tiene una mayor saturación de los colores perceptibles para los humanos; además, al poseer un color neutro (tonalidad blanca) se tiene una baja saturación (Ferreira & Spricigo, 2017).

En la Figura 4 se observa el parámetro de tono o hue ( $^{\circ}H$ ), notándose que la muestra de la pitahaya de madurez 3 posee una tonalidad de color verde intenso ( $143,80^{\circ}$ ), mientras que la pitahaya con madurez 4 va a una tonalidad verde amarillento ( $82,30^{\circ}$ ). Es decir, dependiendo del grado de madurez de la muestra, el color va desde verde intenso hasta un amarillo claro que corresponde a una madurez total o comercial.



**Figura 4.** Círculo cromático. Fuente: Ramos (2019).

### 3.3 Análisis sensorial de pitahaya de los tratamientos

Para la evaluación sensorial de las muestras se utilizó la hoja de catación con escala hedónica de 1 a 5, donde 1 es la puntuación mínima que corresponde a “disgusta mucho”

y 5 la puntuación máxima correspondiente a “gusta mucho”. Cabe señalar que los parámetros de color y aceptabilidad fueron evaluados en muestras congeladas, mientras que para los de sabor y olor, las muestras fueron previamente descongeladas. En el Anexo C (desde la Tabla C1 a la Tabla C8) se muestran los resultados del análisis sensorial de la pitahaya sometida a los diferentes tratamientos. En la Tabla 8 se reportan las medias y la desviación estándar de los resultados del perfil sensorial de la pitahaya de los ocho tratamientos.

**Tabla 8.** Resultados del análisis sensorial de pitahaya de los diferentes tratamientos

Combinación	Trat.	Color	Sabor	Olor	Aceptabilidad
A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	1	3,33 ± 0,49 <sup>b</sup>	3,77 ± 0,37 <sup>bc</sup>	2,93 ± 0,46 <sup>a</sup>	3,53 ± 0,35 <sup>ab</sup>
A <sub>0</sub> B <sub>0</sub> C <sub>1</sub>	2	3,63 ± 0,30 <sup>ab</sup>	3,87 ± 0,67 <sup>abc</sup>	2,80 ± 0,49 <sup>ab</sup>	3,70 ± 0,49 <sup>ab</sup>
A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub>	3	3,57 ± 0,78 <sup>ab</sup>	3,63 ± 0,40 <sup>c</sup>	2,83 ± 0,56 <sup>ab</sup>	3,80 ± 0,49 <sup>ab</sup>
A <sub>0</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	4	3,93 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,77 ± 0,56 <sup>bc</sup>	2,97 ± 0,58 <sup>ab</sup>	3,43 ± 0,90 <sup>b</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	5	3,73 ± 0,56 <sup>ab</sup>	4,00 ± 0,38 <sup>abc</sup>	3,13 ± 0,52 <sup>a</sup>	3,73 ± 0,42 <sup>ab</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>0</sub> C <sub>1</sub>	6	3,80 ± 0,53 <sup>ab</sup>	4,17 ± 0,45 <sup>ab</sup>	1,07 ± 0,18 <sup>c</sup>	3,10 ± 0,70 <sup>ab</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub>	7	3,77 ± 0,46 <sup>ab</sup>	4,37 ± 0,35 <sup>a</sup>	3,17 ± 0,56 <sup>a</sup>	3,90 ± 0,54 <sup>ab</sup>
A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub>	8	3,90 ± 0,43 <sup>ab</sup>	4,33 ± 0,45 <sup>a</sup>	2,40 ± 0,63 <sup>b</sup>	4,13 ± 0,48 <sup>a</sup>

Los valores corresponden a medias con n=15 mediciones y su respectiva desviación estándar. Letras diferentes en columnas indican diferencias significativas (P < 0,05).

Los resultados de color se ubicaron entre 3,33 ± 0,49 y 3,93 ± 0,42 de los tratamientos T1 y T4, respectivamente; es decir, entre “ni gusta ni disgusta” y “gusta”. El ANOVA de color mostró que no existe diferencias significativas (p > 0,05) entre los tratamientos con los mayores promedios: T4 (3,93 ± 0,42), T5 (3,73 ± 0,56), T6 (3,80 ± 0,53), T7 (3,77 ± 0,46) y T8 (3,90 ± 0,43), cuyos valores corresponden a “gusta”. Las muestras de estos tratamientos, excepto del T4, corresponden a fruta con un índice de madurez 4, y sometidos a cualquiera de los niveles del proceso IQF y de grosor de rodaja. Entonces, el estado de madurez 4 de la pitahaya es determinante en el color del producto.

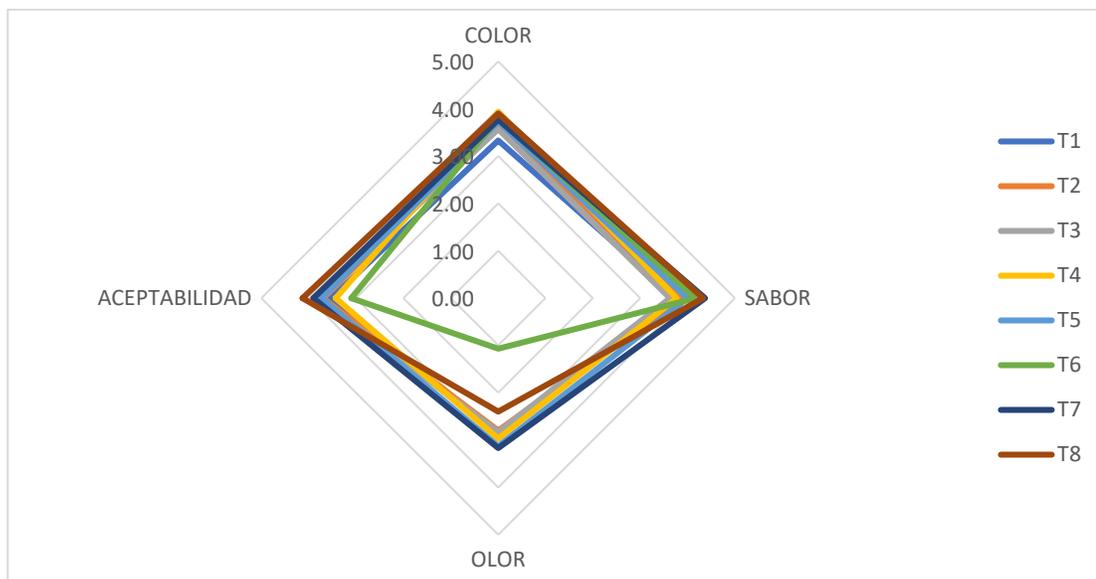
Los resultados del parámetro sabor se ubicaron entre  $3,63 \pm 0,49$  y  $4,37 \pm 0,35$  de los tratamientos T3 y T7, respectivamente. El ANOVA de los resultados del sabor señaló que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. Los tratamientos T5, T6, T7 y T8 presentaron valores entre 4 “gusta” y 5 “gusta mucho”, y los valores más altos en sus medias fueron del T7 ( $4,37 \pm 0,35$ ) y T8 ( $4,33 \pm 0,45$ ). La pitahaya de los tratamientos T7 y T8 corresponde a una fruta con un índice de madurez 4, tratamiento IQF de  $-30\text{ °C}$  por 20 min y corte de rodaja de 1,0 cm y 1,5 cm de espesor, respectivamente. Luego, el espesor de la rodaja de pitahaya es determinante en el sabor del producto. **Ulloa (2018)** observó en yuca con cortes estandarizados y sometida a un proceso IQF que el tamaño, forma y corte del producto influyen en el tiempo y temperatura a emplearse para una óptima congelación individual rápida. La pitahaya amarilla al poseer un sabor agradable y un dulzor relevante, que la convierte en una fruta muy apetecida y aceptada por los consumidores, conserva la calidad inicial organoléptica a pesar de ser sometida al tratamiento IQF y a la descongelación para su consumo (**Otero, Guignon y Sanz, 2013**).

Los resultados del parámetro olor de la pitahaya se ubicaron entre  $1,07 \pm 0,18$  y  $3,17 \pm 0,56$  de los tratamientos T6 y T7, respectivamente; es decir, entre “disgusta mucho” y “ni gusta ni disgusta”. El análisis sensorial mostró puntuaciones bajas por parte de los panelistas a las muestras de pitahaya de todos los tratamientos que fueron sometidas al proceso de congelación IQF, pese a que la fruta en fresco posee un aroma intenso. El ANOVA de los resultados de olor mostró diferencias altamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre tratamientos. El mayor valor de olor del T7 ( $3,17 \pm 0,56$ ) corresponde a una fruta con madurez 4, congelación IQF de  $-30\text{ °C}$  por 20 min y corte de 1,0 cm de espesor. La mayor madurez comercial de la fruta genera un mayor desprendimiento del grupo aldehído, a una congelación IQF de temperatura no tan extrema y un tiempo relativamente corto. **Badui (2006)** menciona que para que pueda percibirse algún olor, la molécula estimulante debe ser volátil (de bajo peso molecular), además de requerir

una corriente de aire para que la transporte hacia los centros olfativos de la nariz, e indica la importancia de los umbrales de detección de algunos aldehídos en alimentos.

Los resultados del parámetro aceptabilidad de la pitahaya se ubicaron entre  $3,10 \pm 0,70$  y  $4,13 \pm 0,48$  de los tratamientos T6 y T8, respectivamente; es decir, entre “ni gusta ni disgusta” y “gusta”. La aceptabilidad es un componente fundamental que indica la capacidad de compra y consumo real que el producto tendrá **(Ramírez, Murcia y Castro, 2014)**. Los tratamientos T7 ( $3,90 \pm 0,54$ ) y T8 ( $4,13 \pm 0,48$ ) fueron los que mayores puntuaciones obtuvieron por parte de los panelistas con puntuaciones de “gusta”. Ambos tratamientos corresponden a una pitahaya con madurez 4, tratamiento IQF de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 20 min y cortes de 1,0 cm (T7) y 1,5 cm (T8), y el ANOVA mostró que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ). El éxito de la calidad sensorial de un alimento depende de las características físicas, químicas y microbiológicas adecuadas, y responde a un consumidor más exigente con los productos **(Rodríguez y Quispe, 2014)**.

Al analizar los resultados de los parámetros de color, sabor, olor y aceptabilidad de la pitahaya de los tratamientos (Tabla 8) y la Figura 5, se observa que el T7 (madurez 4, tratamiento IQF de  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 20 min y corte de 1,0 cm) presenta valores superiores frente a los demás tratamientos, ya que se acerca más al valor óptimo y posee la mayor puntuación en sabor, olor y aceptabilidad. El olor del T7 muestra superioridad con respecto a los demás tratamientos, entendiéndose así la importancia de este parámetro por parte del panelista para su consumo. También el sabor y la aceptabilidad son atributos importantes para establecer como el producto será recibido por parte del mercado consumidor. Además, los resultados muestran la bondad de la congelación IQF al generar cristales de hielo de tamaño muy pequeño dentro de las células, evitando así que los tejidos vegetales se rompan y produzcan un derrame de fluidos y pérdidas de color, textura, sabor y nutrientes.



**Figura 5.** Parámetros sensoriales de pitahaya sometida a diferentes tratamientos.

### 3.4 Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento

Los resultados de los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento T7 ( $A_1B_1C_0$ ): sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix), pH, acidez (%), humedad (%) y dureza (N) se presentan en el Anexo D, Tablas D1, D2, D3, D4 y D5, respectivamente; mientras que en la Tabla 9 se observan las medias y la desviación estándar.

**Tabla 9.** Características fisicoquímicas del mejor tratamiento T7

Parámetros	T7 ( $A_1B_1C_0$ )
Humedad (%)	$76,62 \pm 4,86$
pH	$4,16 \pm 0,21$
Acidez (%)	$0,15 \pm 0,03$
Sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix)	$17,72 \pm 0,84$

Los valores corresponden a las medias de n=10 y la desviación estándar.

En general, al comparar los valores de las características fisicoquímicas de la pitahaya del mejor tratamiento T7 (Tabla 9) con aquellos de la fruta con un grado de madurez 4 antes del procesamiento (Tabla 5), se observa una ligera disminución como consecuencia del tratamiento IQF y troceado aplicados a la fruta. Así, la humedad del T7 (76,62 %) es menor al valor de humedad de la fruta antes del tratamiento (78,65 %, Tabla 5), aunque ambas humedades corresponden a una fruta con un alto porcentaje de humedad. **Pasquel (2016)** menciona que una menor temperatura del proceso IQF provoca una menor pérdida de humedad en la fruta; mientras en una congelación lenta, el producto pierde porcentajes considerables de humedad, generando un producto final con bajo rendimiento. La humedad en los alimentos es muy importante ya que influye en su vida útil; es decir, al poseer un menor porcentaje de humedad, ocurre una mínima proliferación de microorganismos, y por ende una mayor vida útil del producto procesado (**Paredes, 2014**).

Los valores de los demás parámetros fisicoquímicos de la pitahaya antes y después del procesamiento variaron ligeramente de la siguiente forma: pH de 4,50 a 4,16; acidez de 0,14 % a 0,15 % y SST de 17,17 a 17,72 °Brix, indicando un efecto mínimo del procesamiento en la fruta fresca con un índice de madurez 4. **Chalán (2019)** realizó ensayos en semillas de capulí aplicando la tecnología IQF, obteniendo valores en los parámetros fisicoquímicos muy similares en ambas muestras, determinándose así que este método de ultracongelación mantiene al alimento con su textura similar a la fresca. Este método de conservación permite tener frutas y hortalizas fuera de temporada con características organolépticas similares a las frescas (**Tronco, 2017**).

### **3.5 Análisis colorimétrico mejor tratamiento**

El color en alimentos se asocia con la calidad del producto como frescura, madurez y hasta el costo. En el Anexo D (Tabla D6) se presenta los resultados de los parámetros de color del mejor tratamiento T7 (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>): luminosidad (L\*), coordenadas cromáticas (a\* y b\*), croma (C\*) y tono (°H), y en la Tabla 10 se indican sus medias y desviación estándar. El análisis colorimétrico se realizó con muestras congeladas.

**Tabla 10.** Determinación de color del mejor tratamiento T7.

Muestra	Parámetros				
	L*	a*	b*	C*	°H
Mejor tratamiento (T7)	25,23 ± 1,61	1,23 ± 1,27	9,47 ± 1,82	9,57 ± 1,96	83,10 ± 5,82
Fresca con madurez 4	28,43 ± 3,42	-0,20 ± 0,92	3,67 ± 1,07	3,77 ± 1,16	82,3 ± 6,39

Los valores corresponden a las medias de n=3 y la desviación estándar.

En el mejor tratamiento (T7) se obtuvo un valor de luminosidad de  $25,23 \pm 1,61$ , menor al de la fruta fresca en estado de madurez 4. Luego, la pitahaya fresca es ligeramente más clara que la congelada porque las frutas u hortalizas sometidas a congelación pierden su brillo o luminosidad característica y se tornan mates (**Segura, 2013**). Además, este efecto se debe a que el alimento al ser sometido a congelación IQF y una elevada velocidad de congelación favorece la creación de diminutos cristales de hielo, los cuales dan lugar a pequeños poros que dispersan mucho más la luz que los poros grandes que proporcionan un color más luminoso (cercano al blanco) (**Del Valle, 2012**).

En las coordenadas cromáticas a\* y b\*, se observó un valor de  $1,23 \pm 1,27$  para el eje a\*, notándose así una ligera tendencia hacia el color rojo, recalando que este valor es mínimamente superior a la fruta fresca; mientras el eje b\* mostró un valor  $9,47 \pm 1,82$ , indicando que tiene una tendencia hacia el color amarillo. Esta tendencia se repite tanto en la muestra fresca como en la congelada, entendiéndose así que la tecnología IQF ayudó de manera significativa a conservar las propiedades de color. Por otra parte, el parámetro de croma alcanzó un valor de  $9,57 \pm 1,96$  y un valor de tono (°H) de  $83,10 \pm 5,82$ , entendiéndose así que la pitahaya congelada con tecnología IQF posee un color más saturado que la muestra en fresco y una tonalidad amarilla verdosa al igual que la pitahaya sin ningún tratamiento. Los valores de estos parámetros muestran la eficiencia del tratamiento IQF, ya que este tipo de congelación se asocia a la formación de diminutos

cristales de hielo en la célula, lo cual conduce una menor difusión del pigmento (Alhamdan, Hassan, Alkahtani, Younis y Abdelkarim, 2016).

### 3.6 Análisis de textura del mejor tratamiento

Las frutas y hortalizas sufren cambios de calidad en su textura por los procesos de maduración, procesamiento, almacenamiento, inclusive al descongelarse para su consumo (Del Valle, 2012). En la Tabla 11 se muestran los datos de textura de la pitahaya fresca con un índice de madurez 4 y del mejor tratamiento T7.

El valor del parámetro de textura de la pitahaya del tratamiento T7 fue menor con respecto al de la pitahaya fresca, lo que evidencia el efecto del procesamiento en la dureza de la fruta, disminuyendo de  $5,27 \pm 0,58$  a  $3,45 \pm 0,39$  N. Esta disminución de la dureza obedece a la acción de ablandamiento de las enzimas pectolíticas, al corte de la fruta, a la descongelación, entre otros factores, que provocan rodajas de pitahaya flácidas y con pérdida en su volumen original (Bermúdez, Narváez, Cadena y Aponte 2014).

**Tabla 11.** Determinación de textura del mejor tratamiento.

Parámetro	T7 (A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> C <sub>0</sub> )	Pitahaya fresca con madurez 4
Textura (N)	$3,45 \pm 0,39$	$5,27 \pm 0,58$

### 3.7 Análisis microbiológico del mejor tratamiento

En la Tabla 12 se presenta los resultados del análisis microbiológico (aerobios mesófilos y coliformes) del mejor tratamiento T7 (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>) y del tratamiento control (TC, pitahaya fresca en estado de madurez 4). Los resultados evidencian que tanto el T7 como el TC cumplen con los parámetros microbiológicos establecidos por la normativa del **Ministerio de Salud del Perú (2008)**, por ende, el producto es apto para el consumo humano y la comercialización. Cabe señalar algunos de los factores que ayudaron a la inocuidad del producto: las condiciones de higiene durante el procesamiento, el tratamiento de congelación IQF y el empaque de polietileno de baja densidad con cierre hermético, el

cual actúa como una barrera ante la contaminación del ambiente. **Cela (2018)** menciona que una congelación de -17 °C inactiva la mayoría de los microorganismos como bacterias, levaduras y hongos presentes en los alimentos, sin embargo, el producto al ser descongelado para su consumo puede activar nuevamente a aquellos microorganismos.

**Tabla 12.** Recuento microbiológico de pitahaya del mejor tratamiento (T7) y del control (TC).

Parámetros (UFC/g)	TC	T7	Datos bibliográficos	
			Límite permitido	
			m	M
Aerobios mesófilos	<10	<10	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>
Coliformes	<10	<10	10	10 <sup>2</sup>

Datos bibliográficos de (MINSA, 2008), m: índice mínimo permisibles para identificar nivel de buena calidad, M: índice máximo permisible nivel aceptable de calidad.

### 3.8 Verificación de la hipótesis

El procesamiento estadístico de los resultados de las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas de la pitahaya amarilla derivó en el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis alternativa, que indica que el estado de madurez, el tratamiento IQF y el corte influyen en la calidad de la pitahaya procesada.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- Se determinaron las características fisicoquímicas de la pitahaya amarilla *Selenicereus megalanthus* en dos estados de madurez (3 y 4), cuyos valores de humedad, acidez, pH y SST fueron similares a los bibliográficos. Al comparar los resultados de los parámetros fisicoquímicos en ambos estados, se identificó que la pitahaya con estado de madurez 4 posee características idóneas para el procesamiento: rendimiento 60,1 %, humedad 78,7 %, pH 4,5, acidez 0,14 %, SST 17,2 ° Brix, dureza  $5,27 \pm 0,58$  N, y color de pulpa con  $L^* 37,00 \pm 1,65$  y coordenadas  $a^* -0,20 \pm 0,92$  y  $b^* 3,67 \pm 1,07$ .
  
- Se evaluó los efectos del estado de madurez de la pitahaya (3 y 4), tipo de corte (1,0 y 1,5 cm de espesor) y condiciones de temperatura y tiempo de congelación IQF (-30 °C por 20 min y -35 °C por 25 min) en la calidad sensorial de la pitahaya procesada. El ANOVA determinó como mejor tratamiento al T7 (A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>C<sub>0</sub>: estado de madurez 4, espesor de rodaja 1,0 cm y -30 °C por 20 min) debido a las mejores puntuaciones en los parámetros de sabor (3,8), color (4,4), olor (3,2) y aceptabilidad (3,9) del producto.
  
- Se determinaron las características fisicoquímicas y la calidad microbiológica de la pitahaya del mejor tratamiento (T7): humedad 76,6 %, pH 4,2, acidez 0,15 %, SST 17,7 °Brix, dureza 3,45 N y color con  $L^* 25,23$  y coordenadas  $a^* 1,23$  y  $b^* 9,47$ , y aerobios mesófilos y coliformes <10 UFC, respectivamente, valores similares a la fruta fresca y cercanos a datos bibliográficos de estudios similares. Estos resultados permiten evidenciar el potencial uso de la tecnología IQF en la conservación de pitahaya amarilla.

## 4.2 Recomendaciones

- Evaluar el tiempo de vida útil de la pitahaya del mejor tratamiento para la optimización del proceso de congelación IQF.
- Realizar un estudio de la viabilidad económica del producto en el mercado a nivel nacional e internacional.
- Ejecutar un estudio investigativo similar con la variedad de pitahaya roja *Hylocereus undatus*, que posee propiedades benéficas a la salud, para la elaboración de un producto dirigido a personas diabéticas.

## CAPÍTULO V

### MATERIAL BIBLIOGRÁFICO

#### 5.1 Referencias bibliográficas

- Aguilar, K. (2016). Caracterización del manejo postcosecha y cuantificación de las pérdidas en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en el Noroccidente de Pichincha. (Tesis pregrado), Universidad de las Américas, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5198/1/UDLA-EC-TIAG-2016-12.pdf>
- Alhamdan, A., Hassan, B., Alkahtani, H., Younis, M., & Abdelkarim, D. (2016). Quality changes in fresh date fruits (Barhi) during individual quick freezing and conventional slow freezing. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 53(4). Recuperado de <http://pakjas.com.pk/papers/2653.pdf>
- AOAC 930.15. (2000). Pérdida por secado (humedad) a 95 – 100 °C para alimentos. Recuperado de: <http://www.eoma.aoac.org/methods/info.asp?ID=32601>.
- Arauz, Y (2020). “Oportunidades de exportación productos no tradicionales caso de estudio producción de pitahaya roja de la parroquia Puerto Cayo “(Tesis pregrado), Universidad Estatal del sur de Manabí “UNESUM “, Manabí, Ecuador. Recuperado de [http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2238/1/YIMBER-MICHAEL-ARAUZ-CARRE% c3%91O-PITAHAYA-ROJA.pdf](http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2238/1/YIMBER-MICHAEL-ARAUZ-CARRE%c3%91O-PITAHAYA-ROJA.pdf)
- Arena, M. E. (2016). Estudio de algunos fenómenos morfofisiológicos y cambios bioquímicos en *Berberis microphylla* G. Forst. (sinónimo *B. Buxifolia* Lam.) asociados a la formación y maduración de frutos en Tierra de Fuego y su relación con la producción de metabolitos útiles. (Tesis doctoral), Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Recuperado de <http://200.49.237.216/bitstream/123456789/3391/1/Tesis%20Doctorado%20Agronom%c3%ada%20UNS%20ME%20ARENA.pdf>
- Arteaga, M. A., Cuvi, M. J. A., & Guerrero, C. M. (2014). Relación del desarrollo del color con el contenido de antocianinas y clorofila en diferentes grados de madurez de mortiño (*Vaccinium floribundum*). *Enfoque UTE*, 5(2), 14-28. Recuperado de

<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v5n2/1390-6542-enfoqueute-5-02-00014.pdf>

- Badui, S. (2006). *Salvador Badui Dergal*. (E. Quintanar, Ed.), *Química de los alimentos* (Cuarta). México. Recuperado de [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006\\_26571.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf)
- Barreiro, María y Vera, Leydi. (2017). Efecto del ácido ascórbico en el pardeamiento enzimático de la pulpa de pitahaya (*Hylocereus undatus*) almacenada a diferentes temperaturas de congelación. (Tesis de pregrado), Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/634/1/TAI120.pdf>
- Becerra, A y Galarreta. D. (2017). Proyecto de desarrollo económico para el cultivo de producción y exportación de frambuesa congelada por proceso IQF, y su impacto en los ingresos de los agricultores de los distritos de Namora, Jesus y Baños del Inca. (Tesis pregrado), Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. Recuperado de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12043/Becerra%20Duran%20Alexandra%20Margot%20%20Galarreta%20Arroyo%20Diana%20Karina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Beltrán, V. (2015). Desarrollo de un proyecto para la creación de una microempresa de producción y comercialización de pitahaya ubicada en la comunidad de Chinimpí, del cantón Palora, Provincia De Morona Santiago. (Tesis pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/7412/3/T-UCE-0003-AE019-2015.pdf>
- Bermúdez, A., Narváez, M., Cadena, M. I., & Aponte, A. A. (2013). Reducción de pérdida de calidad de melón (*Cucumis melo*) durante la congelación mediante aplicación previa de deshidratación osmótica. *Alimentos Hoy*, 22(30), 23-29. Recuperado de <https://search.proquest.com/openview/0a7334cdcfeef33bfb14baf7489a76fb/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1806352>

- Bravo, G. (2019). La pitahaya producida por la empresa "PITAKAWSAY CIA.LTDA" y sus perspectivas de exportación al mercado estadounidense. (Tesis pregrado), Universidad Estatal Del Sur De Manabí, Manabí, Ecuador. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.125084>
- Cañar, D., Caetano Creusi y Bonilla M (2014). Caracterización fisicoquímica y proximal del fruto de pitahaya amarilla [ *Selenicereus megalanthus* (K. SCHUM. EX VAUPEL) MORAN] cultivada en Colombia. *Agronomía*, 22(1), 77-87. Recuperado de [://www.researchgate.net/publication/303446816%0ACARACTERIZACIÓN](http://www.researchgate.net/publication/303446816%0ACARACTERIZACIÓN)
- Cazar Villacís, I. M. (2016). Análisis físico-químico para la determinación de la calidad de las frutas. (Tesis pregrado), Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11453/An%c3%a1lisis%20f%3%adsicoqu%c3%admico%20para%20la%20determinaci%c3%b3n%20de%20la%20calidad%20de%20las%20frutas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cela, E. (2018). Las bacterias y los alimentos: ¿cómo se relacionan? Enfoque práctico. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/31267/TFM-G839.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Condor, P. A. (2019). Modelos de los patrones de consumo de frutas no tradicionales maracuyá (*Passiflora edulis*) y pitahaya amarilla (*Selenicereus grandiflorus*) en el distrito metropolitano de Quito. (Tesis pregrado), Universidad de las Américas, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10717/1/UDLA-EC-TIAG-2019-13.pdf>
- Chocaca, M. (2019). Interacción de tipos de sustrato con dos tamaños de Cladodios en la propagación asexual de pitahaya amarilla (*Cereus triangularis*) en el distrito de Churuja – Región Amazonas. (Tesis pregrado), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Recuperado de <http://181.176.222.66/bitstream/handle/UNTRM/1773/Chocaca%20Ramos%20Miliam%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cochran, W. G., Cox, G. M., y Liz, A. C. (1965). *Diseños experimentales*: Trillas.

Recuperado

de:

[https://books.google.com.ec/books?id=0x0DW6dNiyAC&pg=PA242&lpg=PA242&dq=Cochran,+W.+G.,+Cox,+G.+M.,+y+Liz,+A.+C.+\(1965\).+Dise%C3%B1os+experimentales:+Trillas.&source=bl&ots=gNENuzi-Qt&sig=ACfU3U3RGSzq0uMbyu0nkQGDBEsLgpi90Q&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwis9Mngz8nsAhVUA9QKHbVbDokQ6AEwDHoECAGQAg#v=onepage&q=Cochran%20W.%20G.%20Cox%20G.%20M.%20Liz%20A.%20C.\(1965\).%20Dise%C3%B1os%20experimentales%3A%20Trillas.&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=0x0DW6dNiyAC&pg=PA242&lpg=PA242&dq=Cochran,+W.+G.,+Cox,+G.+M.,+y+Liz,+A.+C.+(1965).+Dise%C3%B1os+experimentales:+Trillas.&source=bl&ots=gNENuzi-Qt&sig=ACfU3U3RGSzq0uMbyu0nkQGDBEsLgpi90Q&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwis9Mngz8nsAhVUA9QKHbVbDokQ6AEwDHoECAGQAg#v=onepage&q=Cochran%20W.%20G.%20Cox%20G.%20M.%20Liz%20A.%20C.(1965).%20Dise%C3%B1os%20experimentales%3A%20Trillas.&f=false)

Cordova, A. B. (2018). Plan de negocio para generar una empresa de frutas y hortalizas congeladas por el sistema *IQF*. (Tesis posgrado). Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3305/48970.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Del Valle, M. S. (2012). Aplicación de recubrimientos comestibles para mantener la calidad de frutillas congeladas (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Litoral, Santa Fé, Argentina. Recuperado de <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/350/tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Enciso, M. (2019). Elaboración de pulpa de pitahaya fortificada con hierro y uso en la industria alimentaria. (Tesis posgrado), Universidad peruana de las Américas, Lima, Perú. Recuperado de <http://190.119.244.198/bitstream/handle/upa/810/INFORME%20FINAL%20DE%20TRABAJO%20DE%20INVEST-%20PITAHAYA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ferreira, M. D., & Spricigo, P. C. (2017). Colorimetria-princípios e aplicações na agricultura. *Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)*. Recuperado de <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1084379/1/Parte4cap1Colorimetria....pdf>

Figueroa, S y Mollinedo, O. (2017). Actividad antioxidante del extracto etanólico del mesocarpio del fruto de *Hylocereus undatus* “pitahaya” e identificación de los

- fitoconstituyentes. (Tesis pregrado), Universidad Wiener, Lima, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/925>
- GAD municipal Palora. (2019). *Capital del té y la pitahaya*. Recuperado el 13 de abril del 2020 de <http://www.palora.gob.ec/web/index.php>.
- Gil, J. (2019). Desarrollo de una golosina funcional adicionada con extracto de betalaínas de pitaya (*Stenocereus SPP*). (Tesis pregrado), Universidad autónoma del estado de México, Toluca de Lerdo, México. ¿Recuperado de [http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/105878/TESIS Desarrollo de una golosina funcional adicionada con extracto de betalainas de pitaya 19.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://148.215.1.182/bitstream/handle/20.500.11799/105878/TESIS%20Desarrollo%20de%20una%20golosina%20funcional%20adicionada%20con%20extracto%20de%20betalainas%20de%20pitaya%2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- González, A., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Efecto del recubrimiento comestible en las Propiedades de trozos de batata (*Ipomoea Batatas Lam*) fritos por inmersión: *Parte I: Textura. Información tecnológica*, 26(1), 95-102. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n1/art11.pdf>
- Guerrero, M. (2014). Estudio del manejo poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*.) procedente del cantón Pedro Vicente Maldonado de la Provincia de Pichincha. (Tesis pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9105/3/CD-6059.pdf>
- Hernández, M., Castro, S., Giraldo, B. y Barrera, J. (2018). *Seje , moriche , asái : Palmas amazónicas con potencial*. Recuperado de <https://www.sinchi.org.co/seje-moriche-y-asai-palmas-amazonicas-con-potencial>
- Herrera-González, J. A., Salazar-García, S., Martínez-Flores, H. E., & Ruiz-García, J. E. (2017). Indicadores preliminares de madurez fisiológica y comportamiento postcosecha del fruto de aguacate Méndez. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 40(1), 55-63. Recuperado de <https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/139/120>
- NTE INEN 1529-10. (1998). Control Microbiológico de los Alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad. Recuperado de: <https://archive.org/details/ec.nte.1529.10.1998>

- NTE INEN 1529-5. (2006). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos. REP. Recuperado de: <https://archive.org/stream/ec.nte.1529.5.2006#mode/2up>
- NTE INEN 1529-8. (1990). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y *E.coli*. Recuperado de: <https://archive.org/stream/ec.nte.1529.8.1990#mode/2up>
- INEN. (2013a). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 1842 *Productos vegetales y de frutas. Determinación de pH (IDT)* (pp. 8). Quito-Ecuador. Recuperado de: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_1842\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1842_extracto.pdf)
- INEN. (2013c). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 750. *Productos vegetales y de frutas-Determinación de la acidez titulable (IDT)* (pp. 9). Quito - Ecuador. Recuperado de: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_1842\\_extracto.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_1842_extracto.pdf)
- INEN 380. (1988). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0380: Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico. Recuperado de 2019, de <https://archive.org/stream/ec.nte.0380.1986#mode/2up>
- Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones. (2016). *Análisis sectorial pitahaya. Ecuador, Guayaquil: PRO ECUADOR*. Recuperado el 4 de diciembre del 2019 de <https://docplayer.es/25746190-Analisis-sectorial-pitahaya-2016.html>
- Jagetić, G., Habazin, M., & Špoljarić, T. (2015). PLC / SCADA systems in automation control design for individual quick-freezing process in cooling tunnels. *Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*,1(1),1896–1903. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Tomislav\\_Spoljaric/publication/277814716\\_PLCSADA\\_systems\\_in\\_automation\\_control\\_design\\_for\\_individual\\_quick\\_freezing\\_process\\_in\\_cooling\\_tunnels/links/55746ab908aeacff1ffcbee0.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tomislav_Spoljaric/publication/277814716_PLCSADA_systems_in_automation_control_design_for_individual_quick_freezing_process_in_cooling_tunnels/links/55746ab908aeacff1ffcbee0.pdf)
- Kamiloglu, S. (2019). Effect of different freezing methods on the bioaccessibility of strawberry polyphenols. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(8), 2652–2660. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14249>

- Kondo, T., Martínez, M., Medina, J., Rebolledo, A., y Cardozo, C. (2013). Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia. Tecnología Para El Manejo de Pitaya Amarilla *Selenicereus Megalanthus* (K. Schum. Ex Vaupel) *Moran En Colombia*,1, 11-14. DOI: <https://doi.org/10.21930/978-958-740-147-9>
- Liaotrakoon, W. y Liaotrakoon, V. (2018). Influencia del proceso de secado en los fenoles totales, actividad antioxidante y propiedades físicas seleccionadas del bolete comestible (*Phlebopus colossus* (R. Heim) Singer) y cambios durante el almacenamiento. *Ciencia y tecnología de los alimentos, (AHEAD)*,1-7. Recuperado de <https://www.scielo.br/pdf/cta/2018nahead/0101-2061-cta-1678-457X34116.pdf>
- Lobo, R., Bender, G., Tanizaki, G., Fernandez de Soto, J., & Aguiar, J. (2013). Pitahaya or dragon fruit production in California: a research updat. *University of California–Agriculture and Natural Resources Division (UCANR)*, 1(1), 35–46. Recuperado de <https://ucanr.edu/sites/sdsmallfarms/files/172469.pdf>
- Menezes, T. P., Ramos, J. D., de Oliveira Lima, L. C., Costa, A. C., Nassur, R. D. C. M. R., & Rufini, J. C. M. (2015). Características físicas e físico-químicas de pitaia vermelha durante a maturação. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(2), 631-643. Recuperado de file:///C:/Users/HP/Desktop/15929-93505-1-PB.pdf
- Ministerio de agricultura y ganadería. (2020). *MAG articula acciones para mejorar comercialización de pitahaya*. Recuperado el 4 de enero del 2020 de <https://www.agricultura.gob.ec/mag-articula-acciones-para-mejorar-comercializacion-de-pitahaya/>
- Michael, P., Sopla, H., y Uriarte, I. T. (2013). Effect of freezing time in the rehydration capacity of yellow pitahaya. *Agroindustrial Science*, 3, 27–33. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/d1ee/8bb039399fea583029d9fa33f15c5fb60460.pdf>
- MINSA. 2008. R.M. N° 591-2008-MINSA: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. *Ministerio de Salud del Perú. www.minsa.gob.pe*. Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Proy\\_RM615-2003.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Proy_RM615-2003.pdf)

- Noboa, A. (2016). Estudio del efecto de la irradiación con rayos gamma en la calidad poscosecha de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) entera y cortada. (Tesis pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de [file:///C:/Users/HP/Downloads/CD-7046%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/HP/Downloads/CD-7046%20(3).pdf)
- Ortega, A., León, M y Rosas R. (2019). Producción De Pitahaya Para Promover El Desarrollo Regional y sustentable. *Agenda pública para el desarrollo regional, la metropolización y la sostenibilidad*, 3 (1), 79–92. Recuperado de [http://ru.iiec.unam.mx/4299/1/2-Vol3\\_Parte1\\_Eje5\\_Cap2-123-Ortega-Leon-Rosas.pdf](http://ru.iiec.unam.mx/4299/1/2-Vol3_Parte1_Eje5_Cap2-123-Ortega-Leon-Rosas.pdf)
- Ortiz, R. Á. M., Soto, O. J., y Vélez, G. A. F. (2017). *Estudio de mercado de la pitahaya amarilla apoyado en MPP de los países en el contexto internacional*. *Univatolica*, 1(1), 3–10. Recuperado de [https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1502/ESTUDIO\\_MERCADO\\_PITAHAYA\\_AMARILLA\\_APOYADO\\_MPP\\_PA%c3%8dSES\\_CONTEXTO\\_INTERNACIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unicatolica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12237/1502/ESTUDIO_MERCADO_PITAHAYA_AMARILLA_APOYADO_MPP_PA%c3%8dSES_CONTEXTO_INTERNACIONAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Otero, L., Guignon, B., y Sanz, P. D. (2013). Últimos avances en tecnologías de congelación de alimentos. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 2, 82- 90. Recuperado de <https://cdn.virtual-aula.com/datos/59840f73491822bbfb8d5174ac480db8/docs/409392.pdf>
- Ortega-Villalba, K. J., Vélez-Pasos, C. A., y Ayala-aponte, A. (2016). Efecto de las condiciones de operación sobre la calidad de melón (*Cucumis melo*) congelado por IQF. *Vitae*, 23 (1), 204–207. Recuperado de [https://media.proquest.com/media/pq/classic/doc/4032205061/fmt/pi/rep/NONE?\\_s=cGV1Ue8UUF6bk5ZKxpGrhnLgcX0%3D](https://media.proquest.com/media/pq/classic/doc/4032205061/fmt/pi/rep/NONE?_s=cGV1Ue8UUF6bk5ZKxpGrhnLgcX0%3D)
- Paredes, K. (2014). Estudio del efecto del hidrogenofriamiento y la utilización de dos tipos de empaque en la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). (Tesis pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7395/1/CD-5552.pdf>
- Pasquel, E. (2016). Evaluación de métodos de deshidratación en pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), para el aprovechamiento de fruta que no reúne estándares de

- exportación en fresca. (Tesis pregrado), Universidad de las Américas, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5170/1/UDLA-EC-TIAG-2016-02.pdf> Retrieved from <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/5170/1/UDLA-EC-TIAG-2016-02.pdf>
- Quiroz-González, B., Corrales-García, J. E., Colinas-León, B. T. B., & Ybarra-Moncada, M. C. (2017). Identificación de variables correlacionadas con el daño por frío en pitahaya (*Hylocereus undatus Haworth*). *Agrociencia*, 51(2), 153–172. Recupera de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n2/1405-3195-agro-51-02-00153-es.pdf>.
- Ramírez, N. J., Murcia, C. L., & Castro, V. (2014). Análisis de aceptación y preferencia del manjar blanco del valle. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 2014;(12) 1:(20-27). Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612014000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000100003)
- Ramos Tene, A. S. (2019). Diseño de un sistema de clasificación para limón por tamaño y color. (Tesis pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú. Recuperado de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4033/IME\\_259.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4033/IME_259.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Samaniego Tuza, K. E. (2019). Efecto de la adición de pulpa de morete (*Mauritia flexuosa Lf*) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del dulce de guayaba (*Psidium guajava L.*) (Tesis pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30552/1/AL%20718.pdf>
- Sanchez, J. (2017). Efecto de la fertilización y aplicación de fitohormonas de inducción floral en el rendimiento del cultivo de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*), en el distrito Churuja, Amazonas – 2017”. (Tesis pregrado), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1377/JOS%c3%89%20HILDER%20SANCHEZ%20HERRERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, C., Fischer, G., & Sanjuanelo, D. W. (2013). Stomatal behavior in fruits and leaves of the purple passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) and fruits and cladodes of

- the yellow pitaya [*Hylocereus megalanthus* (*K. Schum. ex Vaupel*) Ralf Bauer]. *Agronomía Colombiana*, 31(1), 38–47. Recuperado de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-99652013000100005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652013000100005)
- Sánchez, E, y Villareal, J. (2016). Diseño de un sistema de captación a partir de la estimación de la huella hídrica para la producción de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en el municipio de Palestina- Huila en la finca Villa Francys. (Tesis de pregrado), Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Recuperado de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1417&context=ing\\_ambiental\\_sanitaria](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1417&context=ing_ambiental_sanitaria)
- Santana, K. D., Zabala-Velin, A. A., Villarroel-Quijano, K. L., & Sarduy-Pereira, L. B. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *Tecnológicas*, 23(49), 113-128. Recuperado de <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1621/1739>
- Segura Usuriaga, M. A. (2013). Efecto del ozono en las características fisicoquímica, microbiológica y colorimétrica de la lechuga (*lactuca sativa l.*) mínimamente procesada. (Tesis pregrado), Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma, Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1964/Segura%20Usuriaga.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sotomayor, A., Pitizaca, S., Burbano, A., Viera, W., Caicedo, C., y Vargas, Y. (2019). Evaluación físico química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. *Enfoque UTE*, 10(1), 89-96. Recuperado de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n1/1390-6542-enfoqueute-10-01-00089.pdf>
- Tinitana, R. (2014). *Estudio de la calidad poscosecha de pitahaya amarilla (Selenicereus megalanthus) mínimamente procesada (Fresh-cut)*. (Tesis pregrado), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/7351>
- Tronco, O. (2017). Ultracongelación en alimentos. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/olivertroncoscastill/ultracongelacin-de-alimentos>.

- Trujillo, D. (2014). Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador. Tumbaco-Pichincha. (Tesis pregrado), Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://200.12.169.19:8080/bitstream/25000/2494/1/T-UCE-0004-77.pdf>
- Ulloa Paredes, G. C. (2018). Evaluación de los efectos de la precocción, prefritura y congelación IQF (Individually Quick Frozen) en las características físico-químicas y sensoriales de yuca amarilla (*Manihot esculenta Crantz*) de la provincia de Pastaza (Tesis pregrado), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28027/1/AL%20678.pdf>
- Vásquez-Castillo, W., Aguilar, K., Vilaplana, R., Viteri, P., Viera, W., y Valencia-Chamorro, Y. S. (2016). Calidad del fruto y pérdidas poscosecha de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus Haw.*) en Ecuador. *Agronomía Colombiana*, 34(1), 1081–1083. DOI: <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58279>
- Vásquez, J. (2019). Efecto de la temperatura sobre la calidad fisicoquímica y sensorial de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) liofilizada en tres estados de madurez. (Tesis posgrado), Universidad Nacional de Jaen, Jaen, Perú. Recuperado de [http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/252/Vásquez\\_MJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/handle/UNJ/252/Vásquez_MJB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vasquez, M, y Bacalla, Y. (2018). Propuesta de modelo de negocio para mejorar el posicionamiento de mercado, asociación La Flor de la Pitahaya, Distrito de Churuja- Amazonas. (Tesis pregrado), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, Perú. Recuperado de <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA>
- Vera., D. (2017). Propiedades de la pitahaya ecuatoriana. Estudio sobre el uso de la pitahaya como ingrediente principal en preparaciones de repostería en Frutabar ubicado en Urdesa al norte de la ciudad de Guayaquil. (Tesis pregrado), Instituto Superior tecnológico Sudamericano de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de

[http://repositorio.tecsu.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/56/1/Gastro\\_20171014.pdf](http://repositorio.tecsu.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/56/1/Gastro_20171014.pdf)

Vergara Toala, L. E. (2018). La producción y exportación de pitahaya como alternativa de desarrollo del cantón Palora, provincia de Morona Santiago. (Tesis pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29318/1/TRABAJO%20FINAL%20VERGARA%20TOALA.pdf>

## ANEXOS

### Anexo A: Análisis fisicoquímicos de pitahaya en estado de madurez 3 y 4.

**Tabla A1.** Sólidos Solubles Totales (° Brix) en 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 3.

Muestras	R 1	R 2	R 3
1	13,50	13,60	13,40
2	13,40	13,20	13,40
3	13,90	13,20	13,40
4	13,30	13,20	13,30
5	13,20	13,30	13,30
6	12,90	12,90	12,90
7	13,40	13,60	13,50
8	13,35	13,20	12,50
9	13,40	13,25	13,30
10	13,38	13,45	14,00
Promedio ± Desv. Estándar	13,37 ± 0,25	13,29 ± 0,21	13,30 ± 0,39

**Tabla A2.** Sólidos Solubles Totales (° Brix) en 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 4.

Muestras	R1	R2	R3
1	18,80	17,90	18,00
2	18,90	16,60	16,40
3	17,70	17,80	17,90
4	19,80	19,50	19,60
5	16,10	16,20	16,20
6	16,80	16,90	17,10
7	18,60	18,10	18,20
8	18,20	18,00	18,13
9	19,00	18,93	19,00
10	18,60	18,66	18,66
Promedio ± Desv. Estándar	18,25 ± 1,30	17,86 ± 1,11	17,92 ± 1,17

**Tabla A3.** pH de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 3.

Muestras	R1	R2	R3
1	4,48	4,49	4,49
2	4,79	4,80	4,80
3	4,22	4,22	4,22
4	4,23	4,22	4,23
5	4,38	4,39	4,39
6	4,55	4,55	4,55
7	4,37	4,38	4,38
8	4,60	4,63	4,60
9	4,50	4,50	4,50
10	4,39	4,40	4,39
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	4,45 $\pm$ 0,17	4,46 $\pm$ 0,17	4,45 $\pm$ 0,20

**Tabla A4.** pH de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 4.

Muestras	R1	R2	R3
1	4,60	4,83	4,24
2	4,59	4,39	4,29
3	4,46	4,55	4,08
4	4,60	4,76	4,08
5	4,44	4,44	4,45
6	4,50	4,35	4,60
7	4,80	4,36	4,41
8	4,00	4,31	4,10
9	4,45	4,80	4,74
10	4,88	4,89	5,10
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	4,53 $\pm$ 0,15	4,57 $\pm$ 0,14	4,41 $\pm$ 0,16

**Tabla A5.** Acidez (%) de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 3.

Muestras	R2	R2	R3
1	0,15	0,17	0,21
2	0,18	0,19	0,19
3	0,17	0,19	0,19
4	0,18	0,19	0,18
5	0,19	0,17	0,22
6	0,15	0,18	0,14
7	0,16	0,17	0,15
8	0,16	0,21	0,18
9	0,18	0,18	0,17
10	0,18	0,16	0,18
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	0,17 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,01	0,18 $\pm$ 0,03

**Tabla A6.** Acidez (%) de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 4.

Muestras	R1	R2	R3
1	0,13	0,14	0,14
2	0,14	0,16	0,19
3	0,14	0,12	0,17
4	0,15	0,14	0,14
5	0,12	0,14	0,14
6	0,17	0,17	0,14
7	0,13	0,17	0,17
8	0,16	0,14	0,17
9	0,17	0,16	0,18
10	0,16	0,16	0,17
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	0,15 $\pm$ 0,02	0,15 $\pm$ 0,01	0,16 $\pm$ 0,02

**Tabla A7.** Humedad (%) de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 3.

Muestras	R1	R2	R3
1	75,44	76,25	77,44
2	81,25	82,50	79,44
3	80,00	81,34	83,81
4	78,45	79,43	81,83
5	83,45	84,23	85,84
6	82,00	82,54	84,81
7	77,00	79,00	80,81
8	87,36	88,67	89,00
9	75,67	78,70	77,87
10	78,80	82,45	80,00
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	79,94 $\pm$ 3,71	81,51 $\pm$ 3,46	82,09 $\pm$ 3,02

**Tabla A8.** Humedad (%) de 10 muestras de pitahaya con un grado de madurez 4.

Muestras	R1	R2	R3
1	76,70	74,56	75,86
2	74,82	77,12	76,82
3	82,40	77,45	79,65
4	82,45	82,34	80,60
5	79,67	82,56	81,00
6	75,67	74,56	76,63
7	83,20	82,45	80,13
8	82,89	80,80	81,45
9	75,67	78,90	77,65
10	80,12	77,67	78,34
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	79,36 $\pm$ 3,36	78,84 $\pm$ 3,09	78,81 $\pm$ 2,15

**Tabla A9.** Textura (N) en rodajas de pitahaya amarilla en grado de madurez 3.

#	Muestra 1 (N)	Muestra 2 (N)
1	7,65	6,57
2	6,97	6,97
3	7,46	7,46
4	7,85	6,38
5	6,97	6,57
6	6,38	6,77
7	6,08	6,97
8	6,08	7,16
9	6,97	6,28
10	7,95	7,65
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	7,03 $\pm$ 0,69	6,88 $\pm$ 0,45

**Tabla A10.** Textura (N) en rodajas de pitahaya amarilla en grado de madurez 4.

#	Muestra 1 (N)	Muestra 2 (N)
1	5,59	5,59
2	5,20	5,20
3	4,91	4,51
4	6,38	4,71
5	6,97	5,20
6	4,51	5,00
7	4,12	5,59
8	6,08	4,91
9	5,59	5,00
10	5,20	5,20
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	5,45 $\pm$ 0,86	5,09 $\pm$ 0,3

**Tabla A11.** Datos de color de muestras de pitahaya fresca en estado de madurez 3 y 4.

	L*	a*	b*	C*	H	IC
Madurez 3	35,9	-1,0	0,8	1,3	144,2	64,1
Madurez 3	38,9	-1,8	1,3	2,2	144,6	61,1
Madurez 3	36,2	-0,4	7,0	7,0	142,6	55,7
Madurez 4	30,7	-1,2	4,9	5,1	77,7	69,5
Madurez 4	24,5	0,0	3,0	3,0	89,6	75,5
Madurez 4	30,1	0,6	3,1	3,2	79,6	70

**Anexo B:** Análisis sensorial de los tratamientos.

**Tabla B1.** Análisis sensorial del parámetro de color de pitahaya en los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<b>Catadores</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R1</b>	<b>R24</b>												
<b>1</b>	4	4	4	3	4	4	4	2	4	5	4	5	4	4	4	4
<b>2</b>	3	3	4	3	3	2	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
<b>3</b>	4	2	4	4	5	5	5	3	4	2	5	3	4	3	4	4
<b>4</b>	2	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	4	4	4	3
<b>5</b>	3	2	4	3	4	2	4	3	4	4	4	4	4	3	3	5
<b>6</b>	3	4	3	4	4	5	3	4	4	3	4	4	4	4	3	5
<b>7</b>	4	4	4	3	5	3	4	4	3	2	4	2	3	4	4	3
<b>8</b>	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	3	3	4	3	4
<b>9</b>	3	4	4	4	2	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3
<b>10</b>	4	3	4	4	2	4	5	4	4	5	4	3	3	5	3	4
<b>11</b>	4	3	4	3	2	4	5	2	4	4	4	4	3	4	4	4
<b>12</b>	4	3	4	3	3	3	5	4	4	4	4	4	3	4	4	5
<b>13</b>	3	3	4	3	4	4	5	3	4	4	4	5	3	4	4	4
<b>14</b>	4	3	4	2	4	3	5	3	4	4	3	4	3	3	3	5
<b>15</b>	3	3	4	3	4	4	5	4	3	4	4	4	4	4	3	4

**Tabla B2.** Análisis sensorial del parámetro de sabor de pitahaya en los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<b>Catadores</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>														
<b>1</b>	4	3	5	3	4	4	4	3	5	3	5	5	5	5	3	5
<b>2</b>	4	3	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	3	5	4	4
<b>3</b>	5	3	4	5	3	3	4	4	5	2	4	3	5	3	5	3
<b>4</b>	4	2	4	3	4	4	3	4	5	3	4	4	3	5	4	5
<b>5</b>	4	5	5	2	3	4	3	3	5	3	4	3	5	3	4	5
<b>6</b>	3	5	2	4	4	3	5	5	5	4	5	3	5	4	5	5
<b>7</b>	5	3	4	4	3	4	4	5	5	4	5	2	5	4	5	4
<b>8</b>	4	4	5	5	4	3	4	4	4	5	5	3	4	4	3	4
<b>9</b>	3	4	4	5	3	5	3	4	3	4	5	3	5	4	5	5
<b>10</b>	4	3	5	5	3	4	4	4	4	3	5	4	4	5	4	4
<b>11</b>	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4
<b>12</b>	4	3	4	2	4	3	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4
<b>13</b>	3	5	4	4	4	5	3	3	4	4	5	4	5	5	4	4
<b>14</b>	4	4	3	4	4	2	4	2	4	4	5	4	5	4	4	5
<b>15</b>	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	5	4	5	4	5	5

**Tabla B3.** Análisis sensorial del parámetro de olor de pitahaya en los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<b>Catadores</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>														
<b>1</b>	4	2	4	2	4	2	4	2	3	3	3	2	3	3	3	2
<b>2</b>	4	1	3	1	4	2	3	1	3	3	3	2	3	3	4	2
<b>3</b>	4	2	3	3	3	2	4	1	4	1	3	2	3	2	3	3
<b>4</b>	3	2	4	3	4	4	4	5	4	2	4	2	3	2	5	2
<b>5</b>	4	3	4	2	4	3	4	3	3	2	4	2	4	4	4	4
<b>6</b>	4	3	4	2	4	2	4	3	4	3	4	2	4	4	4	4
<b>7</b>	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
<b>8</b>	4	3	4	3	4	2	4	2	3	2	4	2	3	2	3	2
<b>9</b>	4	2	4	3	4	2	4	3	2	2	3	2	3	2	3	1
<b>10</b>	3	2	4	2	4	3	3	3	4	3	3	3	4	3	4	3
<b>11</b>	3	3	4	3	3	3	3	3	4	2	3	2	4	3	4	3
<b>12</b>	3	2	4	1	3	2	3	1	4	4	3	2	4	4	4	3
<b>13</b>	4	2	4	2	4	3	3	2	4	3	4	3	4	3	4	3
<b>14</b>	4	3	4	2	3	1	3	2	3	3	3	2	4	2	4	2
<b>15</b>	4	1	4	1	4	1	4	2	3	2	3	2	4	2	4	2

**Tabla B4.** Análisis sensorial del parámetro de aceptabilidad de pitahaya en los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>		<b>4</b>		<b>5</b>		<b>6</b>		<b>7</b>		<b>8</b>	
<b>Catadores</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>														
<b>1</b>	4	4	4	3	4	3	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4
<b>2</b>	4	3	4	4	5	3	5	3	3	4	4	5	4	4	4	4
<b>3</b>	3	3	4	4	5	4	4	3	4	4	5	3	4	4	4	5
<b>4</b>	2	4	4	2	2	4	4	4	4	4	3	5	4	4	4	4
<b>5</b>	4	2	5	3	4	2	4	3	5	3	4	3	5	4	4	4
<b>6</b>	3	4	2	4	4	4	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5
<b>7</b>	4	4	4	3	3	4	4	5	4	3	4	3	4	4	4	3
<b>8</b>	3	4	4	3	4	5	4	3	4	4	5	3	3	3	4	4
<b>9</b>	3	4	5	4	4	3	4	4	3	3	1	3	1	4	2	4
<b>10</b>	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	5	4
<b>11</b>	4	3	5	3	3	4	2	1	3	4	2	4	4	4	5	4
<b>12</b>	4	4	5	4	4	3	2	4	3	3	2	3	3	4	5	3
<b>13</b>	4	3	4	3	4	5	2	4	3	4	3	5	4	5	4	5
<b>14</b>	4	4	3	4	4	4	2	4	4	4	4	5	4	4	5	5
<b>15</b>	5	2	4	2	4	4	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4

**Anexo C:** Análisis estadístico de la evaluación sensorial.

**Tabla C1.** Análisis de varianza de color de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

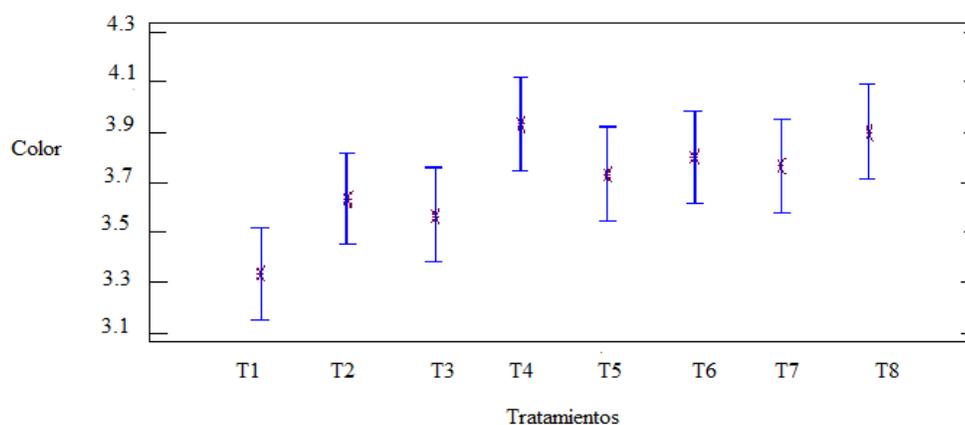
<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Tratamientos	3,99167	7	0,570238	2,12	0,0485
B: Catadores	2,91667	14	0,208333	0,77	0,6945
RESIDUAL	26,3833	98	0,269218		
TOTAL (CORREGIDO)	33,2917	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C2.** Prueba de rangos múltiples de color de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
T1	15	3,333	b
T3	15	3,567	ab
T2	15	3,633	ab
T5	15	3,733	ab
T7	15	3,766	ab
T6	15	3,800	ab
T8	15	3,900	ab
T4	15	3,933	a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD



**Figura C1.** Distribución de medias de color de los diferentes tratamientos.

**Tabla C3.** Análisis de varianza de sabor de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

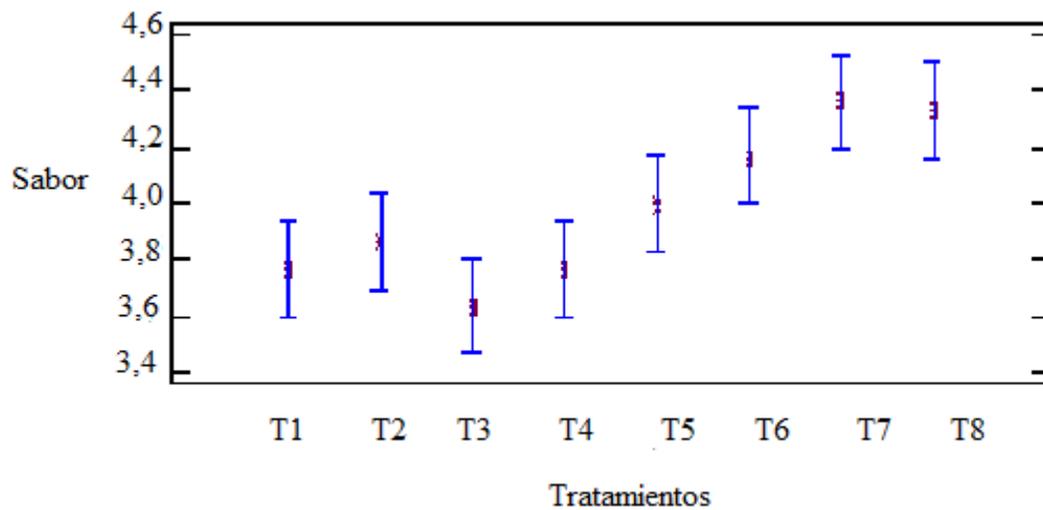
Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Tratamientos	7,99792	7	1,14256	5,18	0,0000
B: Catadores	2,6375	14	0,188393	0,85	0,6089
RESIDUAL	21,5958	98	0,220366		
TOTAL (CORREGIDO)	32,2312	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C4.** Prueba de rangos múltiples de sabor de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
T3	15	3,633	c
T4	15	3,767	bc
T1	15	3,767	bc
T2	15	3,867	abc
T5	15	4,000	abc
T6	15	4,167	ab
T8	15	4,333	a
T7	15	4,367	a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD



**Figura C2.** Distribución de medias de sabor de los diferentes tratamientos.

**Tabla C5.** Análisis de varianza de olor de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

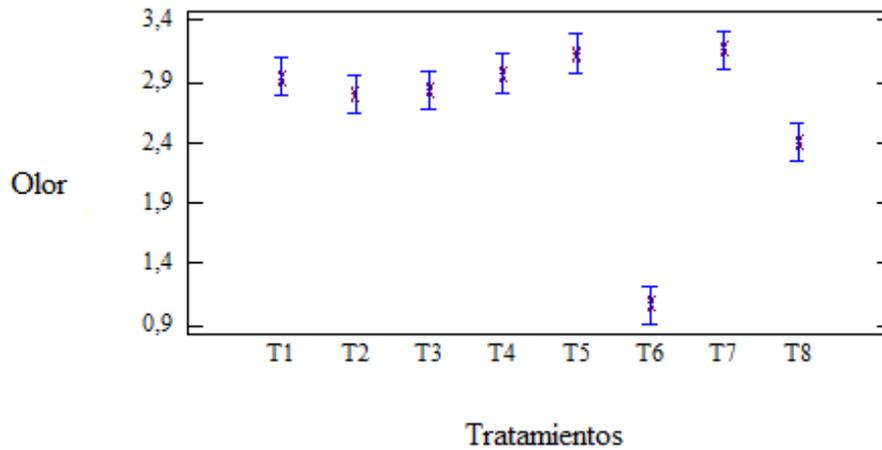
<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Cuadrado medio</b>	<b>Razón-F</b>	<b>Valor-P</b>
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Tratamientos	45,5813	7	7,08304	37,37	0,0000
B: Catadores	10,925	14	0,780357	4,12	0,0000
RESIDUAL	18,575	98	0,189541		
TOTAL (CORREGIDO)	75,0812	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C6.** Prueba de rangos múltiples de olor de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

<b>Tratamientos</b>	<b>Casos</b>	<b>Media LS</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
T6	15	1,067	c
T8	15	2,400	b
T2	15	2,800	ab
T3	15	2,833	ab
T1	15	2,933	a
T4	15	2,967	a
T5	15	3,133	a
T7	15	3,167	a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD



**Figura C3.** Distribución de medias de olor de los diferentes tratamientos

**Tabla C7.** Análisis de varianza de aceptabilidad de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

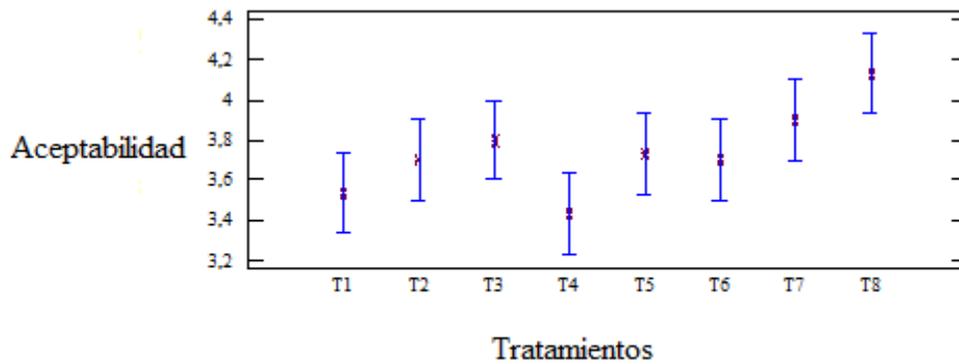
Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
<b>EFFECTOS PRINCIPALES</b>					
A: Tratamientos	4,85833	7	0,694048	2,28	0,0344
B: Catadores	6,74167	14	0,481548	1,58	0,0987
RESIDUAL	29,8917	98	0,305017		
TOTAL (CORREGIDO)	41,4917	119			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

**Tabla C8.** Prueba de rangos múltiples de aceptabilidad de pitahaya congelada en IQF de los diferentes tratamientos.

Tratamientos	Casos	Media LS	Grupos homogéneos
T4	15	3,433	b
T1	15	3,533	ab
T6	15	3,700	ab
T2	15	3,700	ab
T5	15	3,733	ab
T3	15	3,800	ab
T7	15	3,900	ab
T8	15	4,133	a

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD



**Figura C4.** Distribución de medias de aceptabilidad de los diferentes tratamientos

**Anexo D:** Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento.

**Tabla D1.** Sólidos solubles totales (°Brix) en 10 muestras de pitahaya del mejor tratamiento.

Muestras	R 1	R 2	R 3
1	19,00	16,34	17,89
2	17,60	15,76	15,90
3	17,68	17,80	18,10
4	18,70	18,56	18,34
5	17,55	16,45	17,45
6	17,75	17,10	18,57
7	18,20	18,50	17,56
8	18,56	17,50	18,35
9	17,85	18,20	17,45
10	17,74	16,45	18,69
Promedio ± Desv. Estándar	18,06 ± 0,58	17,27± 1,10	17,83 ± 0,88

**Tabla D2.** pH de 10 muestras de pitahaya del mejor tratamiento.

Muestras	R1	R2	R3
1	4,37	4,15	4,10
2	4,18	4,15	4,15
3	4,60	4,25	3,80
4	3,90	4,50	4,15
5	4,16	4,25	4,28
6	4,10	4,15	4,15
7	4,54	3,90	4,10
8	3,80	4,10	4,20
9	4,00	3,80	4,35
10	3,90	4,45	4,20
Promedio ± Desv. Estándar	4,16 ± 0,27	4,17 ± 0,21	4,15 ± 0,15

**Tabla D3.** Acidez (%) de 10 muestras de pitahaya del mejor tratamiento.

Muestras	R1	R2	R3
1	0,14	0,21	0,11
2	0,14	0,12	0,15
3	0,17	0,16	0,17
4	0,14	0,17	0,14
5	0,13	0,15	0,16
6	0,18	0,18	0,14
7	0,12	0,19	0,17
8	0,12	0,15	0,11
9	0,12	0,16	0,20
10	0,13	0,10	0,18
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	0,14 $\pm$ 0,02	0,16 $\pm$ 0,03	0,15 $\pm$ 0,03

**Tabla D4.** Humedad (%) de 10 muestras de pitahayas del mejor tratamiento.

Muestras	R1	R2	R3
1	68,70	76,56	73,00
2	82,50	69,50	72,60
3	78,60	73,60	74,60
4	82,00	79,50	78,50
5	76,54	77,40	81,80
6	69,40	73,40	85,00
7	79,80	81,40	74,60
8	80,50	76,50	78,90
9	66,40	81,70	75,50
10	69,30	83,40	77,50
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	75,37 $\pm$ 6,24	77,30 $\pm$ 4,34	77,20 $\pm$ 4,76

**Tabla D5.** Textura (N) en rodajas de pitahaya del mejor tratamiento.

#	Muestra 1 (N)	Muestra 2 (N)
1	2,75	3,83
2	2,94	3,63
3	3,43	3,43
4	3,83	3,63
5	4,02	2,75
6	2,65	3,83
7	3,43	3,43
8	3,63	3,63
9	3,43	3,43
10	3,63	3,63
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	3,37 $\pm$ 0,46	3,52 $\pm$ 0,31

**Tabla D6.** Datos de color del mejor tratamiento.

T7	L*	a*	b*	C*	H
R1	25,2	2,7	11,1	11,4	76,5
R2	26,6	0,4	9,8	9,8	87,5
R3	23,9	0,6	7,5	7,5	85,3
Promedio $\pm$ Desv. Estándar	25,23 $\pm$ 1,61	1,23 $\pm$ 1,27	9,47 $\pm$ 1,82	9,57 $\pm$ 1,96	83,10 $\pm$ 5,82

## Anexo E: Hoja de catación

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones: Por favor sírvase a degustar las muestras. Marque con una X el parámetro al cual corresponda su respuesta.

Parámetro	Escala	Muestra			
		COD:	COD:	COD:	COD:
Color (Congelada)	Me disgusta mucho				
	Disgusta				
	Ni gusta ni disgusta				
	Gusta				
	Gusta mucho				
Sabor (Descongelada)	Me disgusta mucho				
	Disgusta				
	Ni gusta ni disgusta				
	Gusta				
	Gusta mucho				
Olor (Descongelada)	Me disgusta mucho				
	Disgusta				
	Ni gusta ni disgusta				
	Gusta				
	Gusta mucho				
Aceptabilidad (Congelada)	Me disgusta mucho				
	Disgusta				
	Ni gusta ni disgusta				
	Gusta				
	Gusta mucho				

(Elaboración propia,

## Anexo F: Tabla de color de la pitahaya

Descripción:

- Color 0: fruto bien desarrollado de color verde, con aristas verdes notoriamente marcadas en las mamilas.
- Color 1: fruto de color verde, con un ligero viso amarillo en la zona basal marcada en las mamilas.
- Color 2: fruto de color verde con visos amarillos en toda la superficie.
- Color 3: fruto de color verde-amarillo. Inicia el llenado de las mamilas y la separación entre ellas.
- Color 4: fruto de color amarillo, con la punta de las mamilas de color verde y aumenta la separación entre las mimas.
- Color 5: fruto de color amarillo, con la punta de las mamilas ligeramente verdosas.
- Color 6: fruto totalmente amarillo.



**Figura 6.** Tabla de color de la pitahaya amar

**Anexo G: Fotografías de la fase experimental.**



**F1. Pitahaya amarilla**



**F2. Planta de pitahaya amarilla**



**F3. Selección de pitahayas**



**F4. Peso y rendimiento de muestras**



**F7. Análisis sensorial de pitahaya**



**F8. Equipo IQF**