

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) variedad pulpa roja como  
ingrediente funcional en el desarrollo de productos.

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado

por

María Fernanda Poitevin Marroquín

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
los Alimentos

Guatemala

2017



Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) variedad pulpa roja como ingrediente funcional en el desarrollo de productos.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) variedad pulpa roja como  
ingrediente funcional en el desarrollo de productos.

Trabajo de graduación en modalidad de tesis presentado

por

María Fernanda Poitevin Marroquín

para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de  
los Alimentos

Guatemala

2017

Vo.Bo.:

(f)



MSc. Patricia Palacios de Palomo

Tribunal Examinador:

(f)



MSc. Patricia Palacios de Palomo

(f)



MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)



Licda. Fátima Canjura

Fecha de aprobación: Guatemala 6 de diciembre de 2017.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar hasta este momento.

A mis padres por su apoyo, motivación y amor incondicional.

A mi asesora por su constante guía.

A las Licenciadas Ana Silvia Colmenares, Nancy Linde y Ana Luisa Montenegro  
por su tiempo.

A Fátima Canjura, por permitirme ser parte de este proyecto.

A Don Carlitos, Claudia, Iliana y Byron por su ayuda.

A mis amigos y novio por su apoyo.

# ÍNDICE

LISTA DE CUADROS .....	X
LISTA DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN.....	XII
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
A. Producción y mercado .....	2
B. Productos .....	4
C. Funcionalidad .....	5
III. MARCO TEÓRICO.....	6
A. Pitaya (Hylocereus sp.).....	6
B. La pulpa .....	6
C. La cáscara .....	7
D. Prebióticos.....	7
E. Betalaínas.....	7
F. Las semillas .....	9
G. Antioxidantes y radicales libres.....	10
IV. JUSTIFICACIÓN .....	11
V. OBJETIVOS .....	12
VI. DISEÑO DEL EXPERIMENTO .....	13
VII. METODOLOGÍA .....	14
A. Material vegetal .....	14
B. Caracterización de pitaya .....	14
1. Física .....	14
a. Peso.....	14

b.	Tamaño.....	14
c.	Composición.....	14
2.	Fisicoquímica.....	14
a.	Análisis proximal.....	14
b.	Fibra dietética.....	14
c.	Sólidos solubles.....	14
d.	Acidez titulable.....	14
e.	Vitamina C.....	14
f.	Determinación del pH.....	15
g.	Actividad de agua.....	15
h.	Determinación de carotenoides.....	15
C.	Caracterización los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas.....	15
1.	Extracto.....	15
a.	Perfil de ácidos grasos.....	15
D.	Cuantificación de betalaínas, actividad antioxidante y estabilidad en pH.....	15
1.	Extracto.....	15
a.	Estabilidad del color a diferentes pH.....	16
b.	Cuantificación de betalainas.....	16
c.	Capacidad antioxidante.....	16
E.	Desarrollo de producto.....	17
F.	Vida útil.....	18
G.	Análisis de datos.....	18
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
A.	Caracterización de pitaya.....	19
B.	Caracterización de los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas.....	21

C.	Cuantificación de betalaínas, actividad antioxidante y estabilidad en pH .....	22
D.	Desarrollo de producto .....	24
E.	Caracterización de producto .....	25
F.	Vida útil.....	33
IX.	CONCLUSIONES .....	35
X.	RECOMENDACIONES.....	36
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
XII.	ANEXOS .....	39
A.	Prototipos.....	39
B.	Método AOAC 942.15 (Acidez titulable en frutas utilizando potenciómetro).....	40
C.	Método AOAC 934.06 (Humedad en frutas) .....	40
D.	Método AOAC 920.151 (Sólidos totales en frutas) .....	40
E.	Método AOAC 940.26 (Cenizas en frutas) .....	40
F.	Método AOAC 993.21 (Fibra dietética total) .....	41
G.	Método AOAC 920.152 (Proteína en frutas por método de kjeldahl).....	41

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Caracterización física .....	19
Cuadro 2. Análisis proximal y fibra dietética.....	20
Cuadro 3. Caracterización fisicoquímica .....	20
Cuadro 4. Caracterización química .....	20
Cuadro 5. Perfil de ácidos grasos .....	21
Cuadro 6. Comparación de perfil de ácidos grasos .....	22
Cuadro 7. Cuantificación de betalaínas .....	22
Cuadro 8. Actividad antioxidante.....	23
Cuadro 9. Estabilidad del color a diferentes pH.....	24
Cuadro 10. Análisis proximal y fibra dietética.....	26
Cuadro 11. Caracterización fisicoquímica .....	26
Cuadro 12. Granulometría.....	27
Cuadro 13. Comparación de colorantes en agua .....	27
Cuadro 14. Comparación de diferentes concentraciones de producto desarrollado .....	28
Cuadro 15. Comparación de colorantes en leche .....	29
Cuadro 16. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en leche .....	30
Cuadro 17. Comparación de colorantes en yogurt .....	31
Cuadro 18. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en yogurt .....	32
Cuadro 19. Estabilidad del producto a diferentes pH. ....	33
Cuadro 20. Datos de cartilla de color .....	40

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Finca <i>Rincón grande</i> ubicada en Guatemala.....	2
Figura 2. Fruto de <i>Hylocereus undatus</i> .....	3
Figura 3. <i>Hylocereus megalanthus</i> .....	3
Figura 4. Fruto de <i>Hylocereus polyrhizus</i> .....	3
Figura 5. Jugo fermentado de pitaya marca CASTAS. ....	4
Figura 6. Chips de pitaya deshidratada por liofilización. ....	4
Figura 7. Jugo de pitaya y mango marca Welch's.....	4
Figura 8. Estructuras de betacianinas y betaxantinas más comunes en organismos cactácea. ....	8
Figura 9. Pitaya en polvo.....	25
Figura 10. Comparación de colorantes en agua.....	28
Figura 11. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en agua .....	29
Figura 12. Comparación de colorantes en leche.....	29
Figura 13. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en leche .....	30
Figura 14. Comparación de colorantes en yogurt.....	31
Figura 15. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en yogurt .....	32
Figura 16. Estabilidad del producto a diferentes pH. ....	33
Figura 17. Análisis de vida útil. ....	34
Figura 18. Cartilla de cambios de color en el tiempo. ....	34

## RESUMEN

El propósito del siguiente estudio fue evaluar las características de la pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) para incorporarla en productos funcionales y de esta manera promover su industrialización. Para esto se realizó la caracterización física y fisicoquímica, la caracterización de los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas, la cuantificación de betalaínas y determinar su capacidad antioxidante, así como su estabilidad a diferentes pH; y el desarrollo además de la caracterización de un producto funcional a partir de pitaya (*H. polyrhizus*).

Para la caracterización física se realizaron mediciones de peso, tamaño y composición de la fruta. En cuanto a la caracterización fisicoquímica se realizó análisis proximal, determinación de fibra dietética, sólidos solubles, acidez titulable, vitamina c, determinación de pH y cuantificación de carotenos. Los valores obtenidos sugieren una alta humedad y actividad de agua en la fruta lo que conlleva a una corta vida útil del producto. La cáscara presenta altos valores de fibra dietética lo que sugiere su posible adición a alimentos para aumentar su contenido de fibra. También se encuentran valores altos de betacianinas tanto en la pulpa como en la cáscara, que permiten que pueda considerarse una buena fuente de antioxidantes.

El producto desarrollado fue un polvo a base de la pulpa de pitaya completa con un 5% de maltodextrina en base a una solución de 1:1 de pitaya y agua. Este presenta características aptas para ser molido y acondicionado como un polvo además de presentar una coloración fuerte. Debido a la alta disminución de humedad y por ende de actividad de agua, el producto final presenta una vida útil mucho más larga que el producto fresco. Tras la eliminación de agua se dio una concentración de los componentes funcionales del producto fresco de tal manera que el consumo de 23.93g del producto en polvo equivalen al consumo de 100g de fruta fresca con todos sus beneficios y propiedades funcionales.

La pitaya en polvo presenta parámetros de color parecidos al colorante rojo 3 y rojo 7, tanto así que se sugiere como un sustituto para los mismos. Sin embargo, debido al bajo poder colorante obtenido en comparación de los colorantes artificiales, se requiere una adición 20 veces mayor del producto para lograr una coloración que pueda sustituir los colorantes artificiales.

# I. INTRODUCCIÓN

La pitaya es un producto agrícola que se cultiva en Guatemala, pero únicamente se comercializa como producto fresco. Este tipo de comercialización presenta dificultades ya que la fruta solo se cosecha por estaciones y a causa de sus características fisicoquímicas presenta una corta vida de anaquel. Debido a sus propiedades funcionales como la presencia de polifenoles con capacidad antioxidante y fibra dietética presentes en la pulpa, así como ácidos grasos esenciales presentes en las semillas; la pitaya representa una potencial fuente de ingredientes para la creación de productos funcionales que permitan la creación de productos beneficiosos a la salud al consumidor, además de alargar la vida de anaquel del producto y generar mayores ingresos al sector. En el presente trabajo se realizó una caracterización química, física, fisicoquímica y funcional de la pitaya y la pulpa de la misma. Además, se elaboró la evaluación y caracterización de ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas, así como la determinación de la capacidad antioxidante de las betalainas presentes en la pulpa y cascará de la pitaya. Todo esto con el fin de realizar un producto funcional, además de la evaluación y caracterización de este.

## II. ANTECEDENTES

### A. Producción y mercado

El cultivo de pitaya se ha hecho principalmente en huertos familiares. Su cultivo en mayores extensiones es reciente y las primeras evidencias de esto se ven en Nicaragua que actualmente cuenta con una superficie cultivada de 560 hectáreas. También se encuentra plantaciones iniciales en Guatemala, El Salvador y Costa Rica. En México la primera plantación comercial se dio en Tabasco. (Castillo, 2006) Actualmente es el tercer productor mundial de pitaya, únicamente debajo de Colombia y Nicaragua. La producción mexicana es de alrededor de 2155.3 toneladas al año.(Enrique *et al.*, 2012)

Figura 1. Finca *Rincón grande* ubicada en Guatemala



(Cajuna, 2016)

Otros países donde la pitaya ha sido introducida y se están llevando a cabo programas de investigación son: Israel, Vietnam, la República popular China, Estados Unidos y Australia. (Castillo, 2006) En Malasia se han establecido plantaciones de pitaya para mercados locales y de exportación de un tamaño de 927.4 hectáreas. (Lim, Tan, Karim, Ariffin, & Bakar, 2010) Algunos de los mercados en crecimiento para el comercio de esta fruta son Singapur, Hong Kong, Taiwán, Filipinas, Malasia y Tailandia. (Wichienchot, Jatupornpipat, & Rastall, 2010)

Entre las variedades más cultivadas se pueden mencionar *Hylocereus undatus* (pitaya de cáscara roja con pulpa blanca), *Hylocereus polyrhizus* (pitaya de cáscara roja con pulpa roja) y *Hylocereus megalanthus* (pitaya amarilla). (Ariffin *et al.*, 2009) Ya que la pitaya presenta un alto contenido de sólidos solubles totales (9.03 a 13.90) y un pH de 5.51 a 6.00 se ve dificultada su conservación como producto fresco. (Enrique *et al.*, 2012). Además, la producción del fruto es anual, dándose principalmente de junio a octubre y la maduración se da en intervalos de 20 días por lo que se dificulta su oferta continua. (Castillo, 2006) Adicional a esto, malas prácticas pre y post cosecha generan pérdidas de la producción, por lo que se buscan nuevos procesos y productos para su comercialización. (Enrique *et al.*, 2012)

Figura 2. Fruto de *Hylocereus undatus*



(Castillo, 2006)

Figura 3. *Hylocereus megalanthus*



(Cajuna, 2016)

Figura 4. Fruto de *Hylocereus polyrhizus*



(Esquivel & Quesada, 2012)

## B. Productos

Con respecto a la industrialización de la pitaya se han estudiado diferentes condiciones para comercializar rodajas de pitaya mínimamente procesadas. (Esquivel & Quesada, 2012) Ya que se encuentran entre los productos más favorecidos de la fruta que se sirven como postre. (Ariffin *et al.*, 2009) Algunos de los procesos propuestos y clasificados como viables se encuentra el uso de una película de polipropileno y la aplicación de una liofilización. Otra industrialización que ha sido propuesta es la producción de jugo para la cual se han estudiado diferentes tipos de procesos térmicos que permiten destacar la alta estabilidad térmica de la betalainas. Sin embargo, se determinó que tratamientos a mayores temperaturas y menores tiempos de procesos permiten una mayor retención de los compuestos. (Esquivel & Quesada, 2012)

Se han realizado jugos fermentados de pitaya (“vino de pitaya”), como una alternativa para brindar valor agregado al producto. El resultado de dichos jugos fermentados pasteurizados ha sido un incremento en el contenido de compuestos fenólicos en el producto final debido al aumento del tiempo de maceración (días), y una disminución en la capacidad antioxidante debido a la disminución de compuestos betalaínicos no fenólicos presentes, sin cambios perceptibles en la coloración. (Enrique *et al.*, 2012) Debido a su actividad antimicrobiana se percibe una tendencia en la incorporación de frutas y verduras con compuestos polifenólicos en alimentos no solo por su actividad antioxidantes sino también como preservativo. Se ha dado la incorporación de estos compuestos sobre todo en suplementos dietéticos, películas comestibles y cubiertas. (Tenore, Novellino, & Basile, 2012)

Figura 5. Jugo fermentado de pitaya marca CASTAS.



(CASTA, n.d.)

Figura 6. Chips de pitaya deshidratada por liofilización.



(TradeKorea, n.d.)

Figura 7. Jugo de pitaya y mango marca Welch's



(Welch's, n.d.)

El creciente rechazo de los colorantes artificiales ha aumentado la demanda de colorantes naturales. En comparación con las antocianinas y los carotenoides, las betalainas que son extraídas principalmente de la remolacha, son utilizadas en menor proporción. Aunque debido a sus características, representan una alternativa interesante, sobre todo en la pitaya ya que pueden extraerse de materiales de desecho como la cáscara. (Esquivel & Quesada, 2012)

## C. Funcionalidad

Un gran número de reportes ha confirmado que el consumo de fruta fresca y vegetales pueden proveer protección contra algunas enfermedades crónicas causadas por el estrés oxidativo como lo son los desórdenes cardiovasculares. (Tenore *et al.*, 2012) Se ha reportado que la pitaya de pulpa roja presenta muchos beneficios a la salud, incluyendo la prevención del cáncer, capacidad antiinflamatoria, antidiabética y reducción del riesgo de mortalidad cardiovascular. (Rui, Zhang, Li, & Pan, 2009)

La pitaya presenta fracciones de polifenoles que además de presentar beneficios a la salud por su capacidad de combatir el estrés oxidativo, han demostrado tener una amplia capacidad antimicrobiana inhibiendo el crecimiento de patógenos en alimentos. (Tenore *et al.*, 2012) Además de esto, la semilla de la pitaya es alta en ácidos grasos esenciales que tienen la capacidad de nutrir la piel, cabello y uñas, además de eliminar eczema, psoriasis y caspa, y prevenir la pérdida de cabello. (Ariffin *et al.*, 2009) El principal ácido graso esencial presente en las semillas es el ácido linoleico, que es favorable tanto en el ámbito médico como nutricional debido a que es responsable de la protección cardíaca, actividad antidiabética y antimicrobiana. (Rui *et al.*, 2009)

### III. MARCO TEÓRICO

#### A. Pitaya (*Hylocereus* sp.)

La pitaya es una fruta originaria de América perteneciente a la familia de las cactáceas, subfamilia Cactoideae, Tribu Hylocereae y género *Hylocereus* sp. La variedad de pitaya *H. undatus* es la más cultivada a nivel mundial. (Enrique *et al.*, 2012) Es un cactus parecido a una vid que trepa y posee raíces aéreas, por lo que requiere un soporte y puede obtener nutrientes de rajaduras donde se acumulan residuos orgánicos. Los tallos de la suculenta se dividen en tres generalmente, aunque a veces también en cuatro o cinco, también presenta lóbulos a lo largo de las crestas que presentan pequeñas espinas. (Lim *et al.*, 2010)

La pitaya se encuentra en un gran número de variedades, cada una se diferencia por el color de la cáscara (exocarpio) y de la pulpa (mesocarpio o endocarpio) en la que están contenidas las semillas. Entre las variedades más cultivadas se pueden mencionar *Hylocereus undatus* (pitaya de cáscara roja con pulpa blanca), *Hylocereus polyrhizus* (pitaya de cáscara roja con pulpa roja) y *Hylocereus megalanthus* (pitaya amarilla). (Ariffin *et al.*, 2009) El fruto de la pitaya es una baya con brácteas medianas o grandes de un diámetro hasta de 7.74 cm para la variedad rosa (*H. polyrhizus*). (Esquivel & Quesada, 2012) La piel no presenta espinas, pero si escamas a manera de alas que le brindan una apariencia atractiva. (Enrique *et al.*, 2012) Presenta pequeñas semillas comestibles en un porcentaje de 3.22% para el genotipo rosa (*H. polyrhizus*). (Esquivel & Quesada, 2012) Tiene un sabor dulce, con un peso de hasta 700 g, un largo de 15cm y un diámetro de 10 cm. (Enrique *et al.*, 2012)

El crecimiento del fruto presenta un descenso después del inicio de cambios de color en la cáscara. En la fase de crecimiento lento se da una disminución en la proporción de cáscara, un aumento de la pulpa, sólidos solubles y azúcares solubles junto con una disminución en la firmeza y la acidez titulable. Los primeros cambios de color del fruto se observan de 26 a 37 días después de la floración para la variedad rosa (*H. polyrhizus*). El fruto de la pitaya se clasifica como no climatérico, por lo que no continua su maduración tras el corte. Debido a esto tiende a tener una vida de mercado de 2 semanas a 14°C y de 1 semana a 20°C. (Esquivel & Quesada, 2012)

#### B. La pulpa

El porcentaje de pulpa de la fruta oscila entre 55% y 74% con respecto al peso del fruto completo. El mesocarpio de la fruta presenta entre 82-88 % de agua y un contenido de sólidos solubles totales de 7 a 11%, constituidos básicamente por glucosa y fructosa en proporciones que dependen del genotipo. Dicha relación entre glucosa/fructosa se ha reportado en rangos de 3 y 5.2 sin mucha diferencia entre genotipos. Se han determinado un intervalo de 2.9 a 6.8 mg/g de sacarosa en pulpa roja. La acidez titulable oscila entre 3.1 y 6.8 g/L y el principal ácido orgánico presente es el ácido málico en concentraciones de 6.08 a 8.20g/L. Cuenta con un contenido de vitamina C que oscila entre 0.26 y 0.58 g/L. (Esquivel & Quesada, 2012)

Se ha encontrado que las fracciones de pectina de la pulpa están compuestas principalmente de galactosa y arabinosa, mientras que la fracción de hemicelulosa está compuesta por glucosa, xilosa y galactosa, con un contenido de ácido urónico de 32.3% y un grado de esterificación de 80%. Se han reportado valores de TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) entre 24.5 y 36.1 mg/100ml. Diferencias en estos valores pueden deberse posiblemente al contenido de betalaínas. En cuanto a proteínas se reportan bajos valores, siendo el principal aminoácido la prolina. La pitaya presenta una cantidad de 4mg/g de fruta de mioinositol que es un compuesto involucrado en mecanismos de osmorregulación en plantas, además de ser esencial para muchos procesos metabólicos. (Esquivel & Quesada, 2012) También se ha identificado la pitaya como una fuente de beta-caroteno, licopeno y vitamina E. (Wichienchot *et al.*, 2010)

### C. La cáscara

De las cáscaras se han obtenido pectinas con rendimientos de 14.06 a 20.14% con grados de esterificación de 31.05 y 46.96%. Se ha encontrado que tanto la pulpa como la cáscara son ricas en polifenoles y buena fuente de antioxidantes, siendo la cáscara la que presenta una mayor concentración de estos. (Esquivel & Quesada, 2012)

### D. Prebióticos

Los prebióticos son oligosacáridos no digeribles que afectan de manera benéfica al huésped mediante la estimulación del crecimiento y/o actividad de una o varias bacterias en el colon, promoviendo así la salud del huésped. Los carbohidratos más representativos de la pitaya son glucosa, fructosa y algunos oligosacáridos que se encuentran en concentraciones de 89.6 g/kg en pitaya de pulpa roja. (Wichienchot *et al.*, 2010) El contenido de oligosacáridos encontrado ha sido de 89.6 g/kg en pitaya de pulpa roja. Dichos oligosacáridos han mostrado propiedades prebióticas como resistencia a condiciones ácidas, (Esquivel & Quesada, 2012) la hidrólisis por jugo gástrico artificial, (Wichienchot *et al.*, 2010) resistencia parcial a la alfa-amilasa y capacidad de estimular el crecimiento de *Lactobacillus delbrueckii* y *Bifidobacterium bifidum*. (Esquivel & Quesada, 2012)

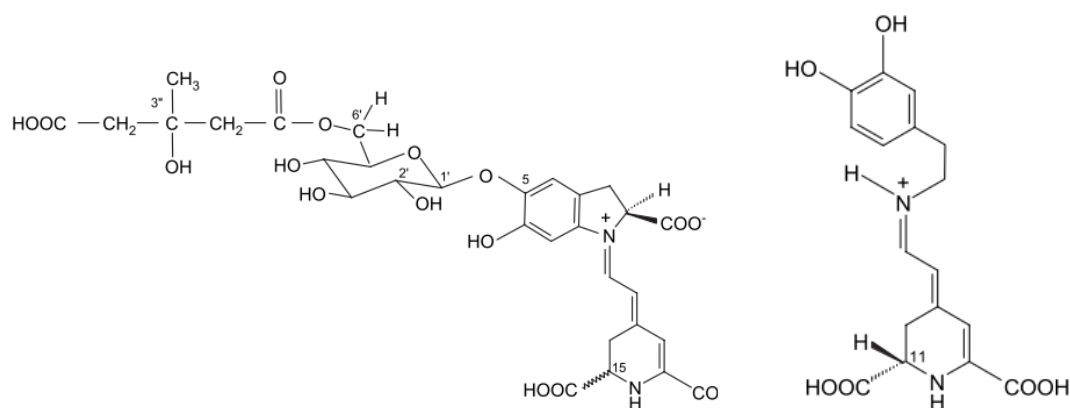
### E. Betalaínas

Las betalainas son pigmentos nitrogenados solubles en agua usualmente encontrados en las vacuolas de las plantas, estas se subdividen en betacianinas y betaxantinas. Las betacianinas son glucósidos y acilglucósidos de betanidina formados a partir de ácido betalámico y ciclo-DOPA. Las betaxantinas por otra parte, son productos de condensación de ácido betalámico con aminoácidos o aminas. (Esquivel & Quesada, 2012) Las betacianinas son más abundantes en la pitaya roja y en la pitaya naranja son más abundantes las betaxantinas. (García-Cruz, Salinas-Moreno, Valle-Guadarrama, & Para Correspondencia, 2012)

Estos compuestos presentan un efecto positivo contra trastornos relacionados con el estrés oxidativo en los humanos debido a su capacidad para inhibir la oxidación y la peroxidación lipídica. También se han



Continuación Figura 8



Hilocerenina, isohilocerenina  
[3-hidroxi-3-metil-glutaril-(iso)-betanina]

Miraxantina V  
[dopamina-betaxantina]

(Stintzing & Carle, 2007)

Estos compuestos representan una de las cuatro clases de pigmentos vegetales utilizados como colorantes naturales en alimentos. Una de las ventajas que presentan es que al no ser sintéticos no son tóxicos ni causan reacciones alérgicas. Además, en contraste con las antocianinas, mantienen su color a un amplio rango de pH de 3 a 7 lo que permite su utilización en productos de baja acidez. Debido a su diversidad estructural, se pueden combinar diferentes tipos de betalainas para dar un amplio rango de tonalidades. En *H. polyrhizus* se encuentran presentes betacianinas y en menores cantidades betaxantinas. Un colorante en polvo de pitaya obtenido por atomización con adición de maltodextrina es viable para el uso en productos como yogurt. (Esquivel & Quesada, 2012)

## F. Las semillas

Se estima que las semillas de la pitaya constituyen entre el 1 y 2% de su peso en base seca. El porcentaje promedio que se puede extraer de la especie *H. polyrhizus* es de 29.5%. (Ariffin *et al.*, 2009) Aunque otros autores indican que se han extraído cantidades de aceite de 18.33 a 28.37%. (Lim *et al.*, 2010) La caracterización del aceite de las semillas ha presentado una alta cantidad de ácidos grasos insaturados. (Esquivel & Quesada, 2012) Los principales ácidos grasos que la componen son linoleico, oleico y ácido palmítico; (Lim *et al.*, 2010) con una composición de 17.9% para C16:0, 5.5% para C18:0, 21.6% para C18:1, 49.6% para C18:2 y 1.2 para C18:3. (Ariffin *et al.*, 2009). Se ha determinado que el aceite cuenta con un 50% de ácidos grasos esenciales de los cuales el 49.5% es ácido linoleico y linolénico. (Wichienchot *et al.*, 2010) siendo el más abundante el ácido linoleico que se ha determinado entre 466 a 654 g/kg. (Esquivel & Quesada, 2012)

Se ha encontrado presencia de ácidos grasos, fenoles, tocoferoles y esteroides en el aceite extraído de las semillas. El contenido total de tocoferoles se ha reportado de hasta 43.50 mg/100g, para la variedad de pulpa

roja. (Lim *et al.*, 2010) Las semillas también han presentado un contenido de proteína de 206 g/kg de semilla en base seca por lo que su utilización en otros productos resulta interesante. (Esquivel & Quesada, 2012)

## G. Antioxidantes y radicales libres

El cuerpo humano genera de manera natural radicales libres producto del metabolismo celular, estos radicales libres son capaces de generar daños al organismo. Para evitar esto el cuerpo cuenta con mecanismos de defensa conocidos como sistema antioxidante que se encargan de eliminar o reducir los efectos de las especies reactivas de oxígeno que se generan debido al metabolismo celular. Normalmente el 2% del oxígeno es reducido de manera incompleta por el organismo, generando radicales libres. Para contrarrestar esto el organismo cuenta con moléculas, enzimas y secuestradores químicos que previenen el daño oxidativo. Además de los antioxidantes endógenos, también se puede adquirir antioxidantes exógenos por medio de la dieta, las más comunes son vitaminas, ácido ascórbico, tocoferol, caroteno y ácido fólico. (Sánchez-valle & Méndez-sánchez, 2013)

El desbalance que se produce en el cuerpo cuando se cuenta con demasiados radicales libres sin suficientes antioxidantes, genera lo que se conoce como estrés oxidativo que es asociado con muchas condiciones y enfermedades crónicas no trasmisibles, ya que genera la oxidación de biomoléculas como lípidos, ADN y proteínas. Entre las condiciones o enfermedades que se le asocian se pueden mencionar, el envejecimiento, el Alzheimer, enfermedad de Parkinson, Esclerosis lateral amiotrófica, carcinogénesis, enfermedad cardiovascular, enfermedad hepática y diabetes mellitus. Debido a todas las condiciones que se le relacionan, una dieta con un aporte de antioxidantes adecuado puede llevar al mantenimiento del equilibrio entre radicales libres y antioxidantes en el organismo que disminuya los daños provocados por el estrés oxidativo y por ende reduzca el riesgo de padecer de las condiciones que se asocian al mismo. (Sánchez-valle & Méndez-sánchez, 2013)

## IV. JUSTIFICACIÓN

La pitaya es un producto agrícola que se da en áreas tropicales y subtropicales. Guatemala es un país en que se cosecha dicho producto para su comercialización únicamente como producto fresco. Aunque dicha práctica presenta problemáticas debido a que la pitaya presenta un alto contenido de sólidos solubles totales (9.03 a 13.90) y un pH de 5.51 a 6.00, lo que hace que se vea dificultada su conservación como producto fresco. (Enrique *et al.*, 2012). Adicional a esto, malas prácticas pre y post cosecha generan pérdidas de la producción. (Enrique *et al.*, 2012) Debido a esto se requiere del desarrollo de procesos y productos que permitan generar un valor agregado a esta fruta y una mayor vida de anaquel a la misma, permitiendo así un mayor comercio por un tiempo más prolongado. Ya que al ser estacional la fruta, se limita su comercio a ciertas épocas del año.

Debido a sus propiedades intrínsecas, la pitaya puede utilizarse para la elaboración de productos funcionales que no solo provean beneficios a la salud del consumidor, sino que también permitan la creación de productos de un mayor valor agregado, ya que los productos funcionales presentan precios superiores a los productos convencionales. Esto a la larga permite generar mayores ingresos al sector y ampliar el mercado en el que se comercializa esta fruta, generando mayor conocimiento de los consumidores hacia la fruta y sus características. En *Hylocereus polyrhizus*, también conocida como pitaya de pulpa roja, se encuentran presentes compuestos polifenólicos con capacidades antioxidantes entre los cuales destacan las betalainas, que le brindan su color rojo característico a la pitaya. (Esquivel & Quesada, 2012) Estos compuestos pueden ser concentrados e incorporados en otros alimentos para la creación de productos altos en contenido antioxidante.

Los antioxidantes son compuestos que pueden ayudar a la regulación del equilibrio natural que se da en el organismo entre los radicales libres, producto de los procesos metabólicos de la célula, y los antioxidantes endógenos que se encargan de eliminar o disminuir el daño que puedan causar los radicales libres a estructuras celulares mediante la oxidación de biomoléculas como lo son los lípidos, proteínas e incluso el ADN. Un gran número de condiciones y enfermedades se asocian de manera estrecha con el estrés oxidativo que se produce cuando el cuerpo presenta un desequilibrio debido a una alta cantidad de radicales libres. Entre estas condiciones podemos mencionar: el envejecimiento, el Alzheimer, enfermedad de Parkinson, Esclerosis lateral amiotrófica, carcinogénesis, enfermedad cardiovascular, enfermedad hepática y diabetes mellitus. (Sánchez-valle & Méndez-sánchez, 2013) Todas condiciones que afectan a un gran parte de la población en algún momento de su vida, tanto así que por enfermedades cardiovasculares se dan 17.5 millones de muertes cada año, seguidas de 8.2 millones debido al cáncer y 1.5 millones debido a la diabetes. (OMS, 2014)

## V. OBJETIVOS

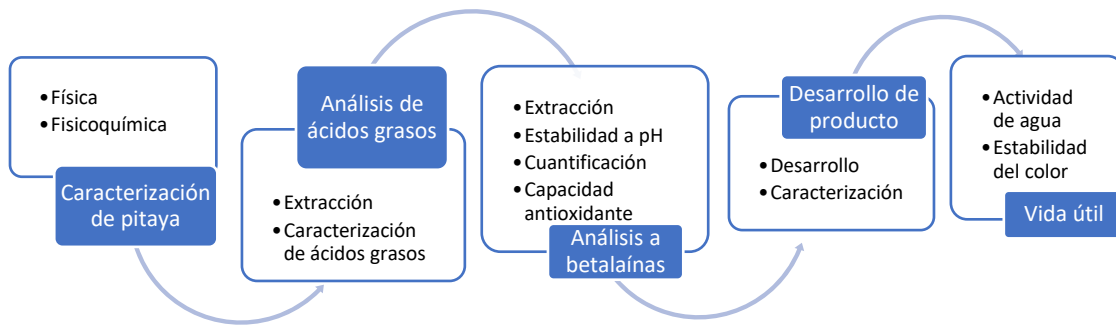
### A. General

Evaluar las características de la pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) para incorporarla en productos funcionales y de esta manera aumentar su vida útil.

### B. Específicos

1. Caracterizar física, química y fisicoquímicamente la pitaya (*H. polyrhizus*); el aceite extraído de las semillas y las betalaínas presentes en la pulpa.
2. Desarrollar y caracterizar un producto funcional a partir de pitaya (*H. polyrhizus*)
3. Evaluar la estabilidad a diferentes pH del producto elaborado y determinar su vida útil.

## VI. DISEÑO DEL EXPERIMENTO



## VII. METODOLOGÍA

### A. Material vegetal

La pitaya utilizada fue provista por la finca *Rincón Grande* como parte de una cooperación entre la empresa y la universidad para el desarrollo de productos a partir del fruto de pitaya. Se analizaron tres muestras para cada prueba de la caracterización física y fisicoquímica de la pitaya, así como de los ácidos grasos del aceite extraído de las semillas y la cuantificación de betalainas, capacidad antioxidante y estabilidad a cambios de pH. Se utilizó como muestra únicamente la variedad de pulpa roja que se encuentre en su pico de madurez. Se utilizaron 30 frutos para los análisis y el desarrollo del producto.

### B. Caracterización de pitaya

#### 1. Física

- a. Peso. Se pesó la pitaya utilizando una balanza marca OHAUS.
- b. Tamaño. Se midió el diámetro axial y ecuatorial de la pitaya utilizando un medidor de lazo.
- c. Composición. Se determinó el porcentaje de cáscara, pulpa y semilla presente en la pitaya separando cada uno de sus componentes y pesándolos. La separación de la cáscara se realizó de manera manual, para la separación de la pulpa y la semilla se procedió a congelar las muestras a  $-4^{\circ}\text{C}$  por 2 días, descongelarlas, machacarlas levemente (sin romper las semillas) y pasarlas por un colador y seguidamente por una manta para obtener la semilla.

#### 2. Fisicoquímica

- a. Análisis proximal. Se determinó la humedad (método 925.10 AOAC), cenizas (método 923.03 AOAC), proteínas (método 979.09 AOAC), fibra cruda (método 962.09 AOAC). Los carbohidratos se determinaron por diferencia. Este análisis se realizó a la cáscara, pulpa y al producto en polvo.
- b. Fibra dietética. Aplicando método 991.43 AOAC. Este análisis se realizó a la cáscara, a la pulpa y al producto en polvo.
- c. Sólidos solubles. Se maceró una muestra de 25g de pitaya y se determinaron los sólidos solubles utilizando un refractómetro. Se calibró el equipo utilizando agua destilada. Este análisis se realizó a la pulpa de la fruta.
- d. Acidez titulable. Utilizando el método 942.15 AOAC. Este análisis se realizó a la pulpa de la fruta.
- e. Vitamina C. Se determinó por medio de HPLC. Se extrajo la vitamina C por medio de lixiviación de una muestra de 5ml de jugo de pitaya y 25ml de agua acidificada a pH 2.2, la muestra se filtró y se guardó en viales ámbar. Las condiciones del equipo fueron las siguientes:
  - Columna: ODS HYPERSIL 200 X 2.2mm
  - Fase móvil: Agua acidificada a pH 2.2

- Flujo: 0.5ml/min
- Longitud de onda: 245nm

f. Determinación del pH. Utilizando un potenciómetro. Se calibró el equipo utilizando las soluciones buffer estándar. Se lavó con suficiente agua destilada el electrodo y evaluó la muestra. Se utilizó la misma muestra preparada para la determinación de sólidos solubles. Este análisis se realizó a la pulpa de la fruta.

g. Actividad de agua. Se utilizó el equipo AquaLab. Se calibró el equipo con un estándar para productos con alta actividad de agua. Se tomó parte de la muestra utilizada para la determinación de sólidos solubles y se colocó en los recipientes correspondientes del equipo. Se llenó el recipiente hasta la mitad y se procedió a realizar la lectura. Este análisis se realizó a la pulpa de la fruta y para el producto terminado.

h. Determinación de carotenoides. Se agregaron 5g de muestra y se trituraron con un mortero y 25ml de acetona. Los extractos se filtraron y evaporaron para volver a ser disueltos en 5ml de éter etílico en un embudo de separación con 15ml de NaCl al 10%. Posteriormente se separó la fase acuosa y etérea. Se repitió el procedimiento hasta que la fase acuosa se volvió incolora. Se llevó a sequedad la muestra y se diluyó en 5ml de acetona. Se realizaron mediciones por espectrofotometría en comparación a un patrón para determinar la concentración. Este análisis se realizó a la pulpa de la fruta.

## C. Caracterización los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas

1. Extracto. Se realizó una extracción por medio de soxhlet. Se colocaron 1.5 g de semilla de pitaya con 150ml de hexano por 3 horas a 60°C. Para la preparación de la muestra, se secaron las semillas a 60°C y se maceraron utilizando un mortero.

a. Perfil de ácidos grasos. Se esterificó de acuerdo con el método 28.055 de la AOAC, se determinó el perfil utilizando un cromatógrafo de gases.

Se utilizaron las siguientes condiciones para el equipo:

- Columna HP-88 (100m x 0.25mm x 0.2um)
- Helio (p=30psi, flujo 2ml/min, Split 50:1)
- Inyector 250°C, Detector masas, temperatura interfase 250°C
- Horno 50°C, 5°C/min hasta 250°C, 20 min.
- Sistema cromatográfico HP 6850/ChemStation

## D. Cuantificación de betalaínas, actividad antioxidante y estabilidad en pH

1. Extracto. Se utilizaron 50g de muestra y se realizaron extracciones con 200ml de metanol frío al 70% en agitación por 15 minutos. Se repitió el proceso de extracción 3 veces y se

filtraron los extractos. El procedimiento se realizó con la pulpa y cascará de la fruta, además del producto en polvo. Para la preparación de la muestra de cáscara, esta de proceso en un procesador de alimentos a modo de disminuir su tamaño se partícula.

a. Estabilidad del color a diferentes pH. Se modificó el pH de una muestra de 30ml del extracto con una solución de 0.1M de ácido clorhídrico y una solución de 0.1M de hidróxido de sodio; y se procedió a medir el color utilizando un equipo de Colorimetría. Se realizó el procedimiento con pH de 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8.

b. Cuantificación de betalainas. Se utilizó el procedimiento descrito por Castellanos-Santiago y Yahia (2008). Se tomaron 10ml del extracto de metanol y se procedió a realizar la medición de la absorbancia a 538nm para las betacianinas y 483 para las betaxantinas. Finalmente se utilizó la siguiente expresión para calcular la cantidad de betalainas. (Castellanos-Santiago & Yahia, 2008)

Ecuación 1: cantidad de betacianinas y betaxantinas.

$$B \left( \frac{mg}{g} \right) = \frac{A * FD * PM * V}{\epsilon * P * L}$$

Donde:

B= cantidad de betacianinas y betaxantinas respectivamente (mg/g)

A= absorbancia (nm)

FD= factor de dilución

PM= peso molecular. 550g/mol para betacianinas y 308g/mol para betaxantinas.

V=volumen del extracto utilizado (ml)

$\epsilon$ =coeficiente de extinción molar. 60000L/(mol\*cm) para betacianinas y 48000L/(mol\*cm) para betaxantinas.

P= pulpa utilizada para el extracto en base seca (g)

L=longitud de celda (cm)

c. Capacidad antioxidante. Se utilizó una solución de 60 $\mu$ M de DPPH disuelto en metanol a 80%. Se colocaron 200  $\mu$ L del extracto metanólico de betalaínas y se agregaron 2800  $\mu$ L de la solución de DPPH. Se midió la absorbancia a 515 nm en un espectrofotómetro cada minuto durante los primeros 5 minutos, y después cada 5 minutos por 2 horas. Finalmente se utilizó la siguiente expresión para calcular la capacidad antioxidante. (García-Cruz *et al.*, 2012)

Ecuación 2: porcentaje de inhibición de DPPH.

$$\% DPPH = \left[ \frac{(A_0 - A_e)}{A_0} * 100 \right]$$

Donde:

% DPPH= porcentaje de inhibición o reducción de DPPH (%)

A<sub>0</sub>= absorbancia de la muestra en el tiempo 0 (nm)

A<sub>e</sub>= absorbancia de la muestra en cada uno de los tiempos (nm)

## E. Desarrollo de producto

Se utilizaron los datos obtenidos mediante la caracterización de la fruta además de la información obtenida de los prototipos realizados en el curso de productos funcionales para determinar que producto podría realizarse. Debido a que el fruto muestra una coloración intensa y es capaz de brindar esta pigmentación a otros productos cuando es adicionado, además de que por sí mismo presenta un sabor muy débil y no aporta al perfil de sabor o aroma en otros productos; se optó por realizar un producto en polvo que pueda agregarse a otros productos como fuente de colorante natural, antioxidantes y fibra.

Para la preparación del producto en polvo se tomaron 200g de pulpa de pitaya fresca y se procedió a licuarla hasta obtener una mezcla homogénea agregando 200g de agua. Se añadió maltodextrina a diferentes concentraciones siendo estas de 5%, 10%, 20% y 30%. Después de lo anterior se procedió a liofilizar las muestras por 3 días hasta eliminar toda el agua contenida. El producto obtenido fue posteriormente molido y almacenado en frascos de vidrio alejado de la luz.

Se llevo a cabo la determinación de la granulometría del polvo obtenido por medio de tamizaje utilizando 10 gramos del producto y se obtuvo el diámetro promedio Sauter. Se realizaron comparaciones del poder colorante del producto obtenido con otros 3 colorantes: rojo 40, rojo 3 y rojo 7. Las comparaciones se realizaron con 3 matrices de alimentos diferentes: agua, leche y yogurt. Se utilizaron 50g de matriz para cada prueba. Se realizaron soluciones concentradas de cada colorante para sumarlo a las matrices. Las soluciones madre de 50ml para los colorantes artificiales fueron de 0.1%, mientras que la solución de pitaya fue de 50%. Se adicionaron las soluciones madre a las matrices a modo de contar con una muestra de cada colorante en cada matriz con una concentración de 0.01% para todos los colorantes artificiales y 0.2% para el producto de pitaya en polvo.

Se realizaron comparaciones de coloración con diferentes concentraciones del producto en polvo en las tres matrices anteriores: agua, leche y yogurt; utilizando concentraciones de 0%, 0.4%, 0.8%, 1.2%, 1.6% calculadas en base a la solución madre de 50%.

## F. Vida útil

Se utilizó un empaque trilaminado para empacar muestras de la pitaya en polvo desarrollada. Las muestras se mantuvieron en incubadora a una temperatura de 37°C por 4 semanas. Cada semana se tomaron medidas de la actividad de agua y la estabilidad del color a diferentes pH. (3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5).

## G. Análisis de datos

Se utilizó el programa de Excel 2016 para analizar los resultados de los análisis realizados.

## VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A. Caracterización de pitaya

En la Cuadro 1 se observan los resultados de la caracterización física del fruto. En cuanto a las características físicas de la fruta, se obtuvo un peso y tamaño considerable sin altas variaciones debido a que la fruta utilizada para la investigación fue preseleccionada para ser del mayor tamaño que se produce. En cuanto a la composición de la fruta; la pulpa constituye la parte mayoritaria con un porcentaje mayor al 70%, mientras que la semillas constituyen la parte minoritaria con menos del 2%, finalmente la cáscara representa casi un tercio del fruto con una cantidad mayor al 25%. Debido a la alta cantidad de cáscara con la que cuenta la fruta, las pérdidas de material al procesar la fruta son considerables.

Cuadro 1. Caracterización física

Peso (g)	Tamaño (mm)		Composición (g/100 g de fruta)		
	Diámetro axial	Diámetro ecuatorial	Cáscara	Pulpa	Semillas
398 ±32	96 ±4	90 ±3	28±2	71±2	1.79±0.06

En la Cuadro 2 se muestran los resultados del análisis proximal y fibra dietética realizados en la pulpa y la cáscara. Puede observarse que la pulpa exhibió un alto valor de humedad, uno de los principales factores que influyen en su tiempo de vida útil tan corto. Los valores de proteína encontrados, así como los de fibra dietética no son muy elevados en la fruta fresca, sin embargo, en un producto concentrado estos valores se vuelven más representativos.

Debido a que el desarrollo de productos a partir de material de descarte no se encontraba dentro del alcance del trabajo, pero reconociendo la importancia de la disminución de desechos y aprovechamiento de la materia se realizó el análisis proximal de la cáscara, con la intención que pueda servir de base para la elaboración de productos funcionales a partir de ella. Se puede apreciar en la Cuadro 2 que la cáscara presenta un mayor porcentaje de fibra dietética en comparación con la pulpa, que le permitiría ser incorporada en otros productos funcionales, sobre todo si se pre acondiciona la materia haciéndola una harina y posteriormente añadiéndola a algún producto.

Cuadro 2. Análisis proximal y fibra dietética

Componente	Contenido (g/100 g de muestra)	
	Pulpa	Cáscara
Proteína	0.65±0.02	0.58±0.01
Humedad	86.07±0.01	89.93±0.02
Cenizas	0.81±0.01	1.61±0.02
Carbohidratos	11.78±0.02	5.72±0.02
Fibra cruda	0.70±0.02	2.16±0.04
Fibra dietética	0.38±0.01	5.32±0.03

En la Cuadro 3 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la pulpa de pitaya, en la que se visualiza que la actividad de agua de la fruta es alta. Al ser tan alta, se presenta una gran facilidad para la reproducción de microorganismos en la fruta, así como reacciones de deterioro que disminuyen su vida útil considerablemente. Se observa que la cantidad de sólidos solubles es considerable debido a los azúcares que naturalmente contiene la fruta.

Cuadro 3. Caracterización fisicoquímica

AW	pH	Sólidos solubles	Acidez titulable (g ácido málico/ ml)
0.980±0.001	4.257±0.06	14.7±0.4	1.91±0.02

Se presentó un valor de vitamina C menor al referido en la literatura (Esquivel & Quesada, 2012), sin embargo, se observa también un valor mayor en el contenido de carotenoides (Wichienhot *et al.*, 2010). Se asume que dichas diferencias se deben a que cultivo estudiado se encuentra en Guatemala y las condiciones del suelo varían con los de las variedades estudiadas previamente. Estos datos se muestran en la Cuadro 4.

Cuadro 4. Caracterización química

Vitamina C (g/L)	Carotenoides (µg/100g)
0.139±0.023	2.21± 0.35

## B. Caracterización de los ácidos grasos presentes en el aceite extraído de las semillas.

En la Cuadro 5 se puede se presenta la comparación entre el perfil de ácidos grasos obtenido para la variedad de pitaya guatemalteca y la reportada por Ariffin *et al.* Proveniente de Malasia. Existe una clara diferencia en ácidos que no se encuentran presentes en ambas variedades como lo son el mirístico, araquídico, behénico y el cis-vaccenico. Sin embargo, la diferencia más notable y relevante es la mayor presencia de ácidos grasos saturados en la pitaya guatemalteca en comparación con la referencia, así como una menor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados. De estos últimos el ácido linoleico (Omega 6) tiene una menor concentración. Los ácidos grasos monoinsaturados presentaron una mayor concentración siendo el más importante el ácido oleico (Omega 9). La pitaya guatemalteca presenta un perfil de ácidos grasos de menor calidad nutricional comparado con la pitaya de malasia. Cabe resaltar que existen variaciones debido a las diferencias en los métodos utilizados, por lo que se recomienda utilizar el mismo método.

Cuadro 5. Perfil de ácidos grasos

Ácido graso	Pitaya pulpa roja	Pitaya pulpa roja (Ariffin <i>et al.</i> , 2009)
Acido mirístico (C14:0)	-	0.20±0.02
Ácido palmítico (C16:0)	19.28	17.9±1.10
Acidó esteárico (C18:0)	7.05	5.49±0.29
Ácido araquídico (C20:0)	2.08	-
Ácido behénico (C22:0)	2.23	-
<b>SFA</b>	<b>30.64</b>	<b>23.6±1.41</b>
Ácido palmitoleico (C16:1)	0.77	0.91±0.05
Ácido oleico (C18:1)	28.32	21.6±0.53
Ácido Cis-vaccénico (C18:1a)	-	3.14±0.30
<b>MUFA</b>	<b>29.09</b>	<b>25.6±0.88</b>
Ácido linoleico (C18:2)	37.64	49.6±0.33
Ácido linolénico (C18:3)	0.52	1.21±0.20
<b>PUFA</b>	<b>38.16</b>	<b>50.8±0.53</b>

A continuación, se presenta una comparación de los perfiles de ácidos grasos de pitaya guatemalteca, pitaya de malasia, aceite de canola, aceite de sésamo y aceite de girasol. Se observa que la cantidad de ácidos grasos esenciales de la pitaya guatemalteca es comparable a los encontrados en el aceite de canola, aunque presenta un contenido menor de ácidos grasos monoinsaturados y uno mayor de ácidos grasos saturados. No obstante, en comparación con los aceites de canola, sésamo y girasol se observa una mayor presencia de ácidos grasos saturados y una menor de ácidos grasos insaturados por lo que el perfil, en general, no es mejor que el de dichos aceites.

Cuadro 6. Comparación de perfil de ácidos grasos

Aceites	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	Ácidos grasos esenciales (C18:3+C18:3)
Pitaya de pulpa roja	19.28	7.05	28.32	37.64	0.52	38.16
Pitaya de pulpa roja (Ariffin <i>et al.</i> , 2009)	17.9	5.5	21.6	49.6	1.2	50.8
Canola (Ariffin <i>et al.</i> , 2009)	4	2	52	25	13	38
Sésamo (Ariffin <i>et al.</i> , 2009)	9	4	41	45	-	45
Girasol (Ariffin <i>et al.</i> , 2009)	7	5	19	68	-	68

### C. Cuantificación de betalaínas, actividad antioxidante y estabilidad en pH

En la Cuadro 7 se evidencia que la variedad de pitaya estudiada en Guatemala, presenta valores considerablemente más altos de betacianinas en comparación con la literatura (García-Cruz *et al.*, 2012). Sin embargo en betaxantinas exhibe una cantidad menor en comparación con la literatura (García-Cruz *et al.*, 2012). Si se comparan los valores obtenidos para la cáscara se puede observar que también muestra un contenido de betacianinas mayor que los valores reportados en la literatura, cabe resaltar que se comparó con los valores de la pulpa puesto que no se tienen valores procedentes de la cáscara. Sin embargo, mostró un valor menor en cuando a betaxantinas. Estos resultados indican que la cáscara también podría adicionarse a otros productos como fuente de antioxidantes y colorante rosado, ya que la presencia de betacianinas puede relacionarse directamente a la coloración rosácea característica de las mismas.

Cuadro 7. Cuantificación de betalaínas

	Cantidad de betacianinas (mg/g)	Cantidad de betaxantinas (mg/g)
Pulpa	341±1	94±1.2
Cáscara	280±4	114.5±0.3
Pitaya roja (García-Cruz <i>et al.</i> , 2012)	199.6±24.3	147.6±18.2

\*Los valores se encuentran en gramos de muestra seca.

En la Cuadro 8 se observa la capacidad antioxidante de los extractos metanólico realizados a la cáscara y la pulpa. Entre mayor es la capacidad antioxidante de una sustancia mayor es el porcentaje de DPPH reducido en el tiempo. En este caso se utilizó el mismo método que se ha utilizado previamente en la determinación de la capacidad antioxidante de pitaya. Se evidencia que la pulpa presenta un mayor poder antioxidante en comparación a la cáscara, esto se debe probablemente a que se han reportado un mayor poder antioxidante en las betacianinas comparado con las betaxantinas. De las cuales la cáscara exhibe una mayor concentración,

mientras que muestra una menor concentración de betacianinas en comparación con la pulpa. En comparación con valores de la literatura la pulpa presento valores menores de capacidad antioxidante a los esperados (García-Cruz *et al.*, 2012). Sin embargo, se ha reportado que las frambuesas en diferentes estados de maduras, que son consideradas de alta capacidad antioxidante, expresan valores entre 50 a 70% de DPPH reducido (García-Cruz *et al.*, 2012). Ya que la pulpa presenta un valor dentro de este rango se determinó que presenta una actividad antioxidante equivalente a la de las frambuesas.

Cuadro 8. Actividad antioxidante

Muestra	Capacidad antioxidante (% de DPPH reducido)
Pulpa	69.60
Cáscara	49.10

En la Cuadro 9 se muestran los cambios en el color que sufre el extracto metanólico de betalaínas, tanto de la pulpa como de la cáscara, al estar sujeto a cambios de pH. Se tomó como coloración base la exhibida a pH 4 ya que es la más cercana al pH que se encuentra generalmente la fruta, además se tomaron como estables los pH que manifestaron variaciones menores a 2.5. En cuanto a la pulpa, la menor variación se dio en el parámetro b, que mostro la menor variación de todos los parámetros, estando está por debajo de 0.5 en todos los pH desde 3 hasta el 8. El parámetro L presentó una mayor variación, pero no sobrepaso el límite en ninguno de los pH. Por último, el parámetro a fue el que evidenció más variación, sobre todo en el pH 2, aunque exhibió suficiente variación en el 8 como para considerarse inestable. Debido a estos resultados, se comprobó que el color contenido en la pulpa de pitaya es estable en un rango de pH de 3 a 7. En cuanto a la cáscara se dieron más variaciones en el parámetro L, produciendo cambios mayores a 2.5 en los pH 2, 3, 7 y 8. El parámetro b también manifestó una variación considerable en pH 2, 7 y 8. El parámetro a fue el que exhibió menores variaciones siendo estas únicamente en pH 4 y 7. Debido a lo anterior se estableció que los componentes en la cáscara expresan una buena estabilidad dentro del rango de pH de 4 a 6.

Se puede observar que el parámetro L que se refiere la luminosidad de la muestra de pulpa presenta su valor máximo en 7 y que en otros valores de pH muestra un color más oscuro. En cuanto al parámetro b, se evidencia que al llegar a un pH de 8 este decrece significativamente lo que provoca en la muestra una coloración más azul que en combinación con la presencia de rojo da un tono morado intenso. La muestra expresa su color más rojizo a un pH de 4, dando un color rojo menos intenso con cualquier cambio de pH. Referente a la cáscara, se puede notar un claro aumento del color amarillo en la muestra conforme aumenta el pH. Presenta su máximo de luminosidad a un pH de 4, teniendo disminuciones con cualquier cambio de pH. Finalmente, el parámetro a referente al color rojo no mostro una tendencia en cuanto a los cambios producidos por las variaciones de pH.

Cuadro 9. Estabilidad del color a diferentes pH

pH	pulpa			Cáscara		
	L	a	b	L	A	B
2	18.83	44.66	-30.31	25.22	28.06	-5.06
3	19.56	47.59	-27.49	25.63	30.21	-2.42
4	20.77	49.75	-27.17	28.14	27.33	-2.223
5	20.82	49.49	-27.23	27.23	29.35	-0.65
6	21.06	48.69	-27.3	27.15	29.02	-0.35
7	21.78	47.29	-26.92	25.59	31.83	2.82
8	20.00	47.11	-26.84	24.96	29.00	8.81

#### D. Desarrollo de producto

Para el desarrollo del producto se realizaron diversos prototipos para determinar las propiedades generales de la pitaya y determinar en qué producto podía incorporarse como ingrediente central. Sin embargo, tras diversos prototipos como helados, bebidas, mermeladas y chips se determinó que este no aporta un sabor frutal, dulce o ácido a los productos y se ve fácilmente opacado por la adición de otros ingredientes con sabores más intensos. A pesar de esto la incorporación de pitaya a los productos brinda un color entre fucsia y morado fuerte y llamativo. Con base en lo anterior y a las tendencias actuales al cambio de colorantes artificiales por colorantes de origen natural, así como a la utilización de alimentos completos como ingrediente en lugar de aislados o extractos, se optó por desarrollar una presentación en polvo del fruto de pitaya con el objetivo de que pueda ser añadido a otros productos para brindar color y mantener una etiqueta limpia. Además de brindar todos los beneficios encontrados en la fruta en lugar de solo los antioxidantes.

Debido a que las betalaínas que brindan el color a la pitaya son termosensibles, se optó por un método de deshidratación que no conllevará la aplicación de calor como lo es la liofilización. Se realizaron pruebas iniciales para la liofilización de una muestra de fruta licuada sin agregar agua que no fueron exitosas debido a la alta presencia de partículas de azúcar y ácidos orgánicos de bajo peso molecular que presenta la fruta (Tze *et al.*, 2012) ya que estas evitan que el producto obtenido tenga las características adecuadas para ser molido a modo de ser acondicionado como un polvo. El producto obtenido sin la adición de otros ingredientes exhibió una consistencia pegajosa parecida a un film, se dieron muchas mermas en el proceso debido a que el producto no podía ser retirado completamente del equipo tras el proceso. Como medida para evitar estos resultados se procedió a la incorporación de maltodextrina, ya que esta permite un aumento en el peso molecular de la mezcla a modo de mejorar las características reológicas del producto obtenido (Tze *et al.*, 2012). Además de actuar como agente microencapsulante que permite asegurar la estabilidad de las betalainas asegurando así la estabilidad del producto ante la luz, oxígeno y temperatura. Por otra parte, permite brindar estabilidad a los ácidos grasos procedentes de la maceración que sufren las semillas al momento de

acondicionar la fruta para el proceso (Lim, Tan, Bakar, & Ng, 2012). Evitando así que dichos ácidos grasos puedan sufrir degradaciones, principalmente de rancidez, al momento del almacenamiento.

Debido a que la incorporación de maltodextrina conlleva dificultades para homogenizar la mezcla a liofilizar se optó por añadir agua en partes iguales con respecto a la fruta licuada para obtener una mezcla más fluida en donde la maltodextrina se incorporara con mayor facilidad. La concentración sumada de maltodextrina fue proporcional a la facilidad de molienda del producto final, siendo la muestra de 30% la que mostró mejores características. Sin embargo, el color se vio opacado en gran medida disminuyendo el poder colorante del producto, lo que conllevó a la elección de la formulación al 5%. Esta formulación presentó características adecuadas para la molienda además de un color intenso.

En la Figura 9 se aprecia el producto terminado. Se puede apreciar que muestra las características de un producto en polvo y un color intenso característico de la pitaya. El producto al estar concentrado exhibe las propiedades funcionales de la fruta de manera concentrada, a modo que el consumo de 23.93g del producto equivalen al consumo de 100g de fruta con todos los beneficios que proveen. Finalmente, para la coloración de 1 kilogramo de un alimento utilizando un 0.2% del producto, se requiere de 8.36g de fruta fresca.

Figura 9. Pitaya en polvo



Debido a las características del producto y de su sensibilidad a la luz, el oxígeno y la humedad ya que el método de conservación consiste en la disminución de la actividad de agua se planteó la necesidad de un empaque con barrera a estos tres elementos. Tomando lo anterior en cuenta se optó por una bolsa trilaminada con barrera a oxígeno, luz y humedad para la preservación prolongada y adecuada del producto.

## E. Caracterización de producto

En la Cuadro 10 se observan los resultados del análisis proximal y la fibra dietética obtenidos. También es notable que los demás componentes aumentaron al encontrarse más concentrado el producto, los más importantes a tomar en cuenta son la proteína y la fibra dietética que pueden aportar beneficios al consumidor. El componente que se encuentra en mayor cantidad son los carbohidratos, debido a que eran el mayor

componente en la fruta después del agua, además de que la adición de maltodextrina contribuye considerablemente a este valor.

Cuadro 10. Análisis proximal y fibra dietética

Componente	Contenido (g/100 g de muestra)
Proteína	2.37±0.03
Humedad	2.70±0.03
Cenizas	3.28±0.04
Carbohidratos	89.27±0.02
Fibra cruda	2.37±0.38
Fibra dietética	2.41±0.03

En la Cuadro 11 se observa que la actividad de agua obtenida del producto es significativamente baja, esto favorece a la conservación del producto ya que el principal factor de descomposición de la fruta fresca es su alta actividad de agua. Se puede observar que la cantidad de betacianinas y betaxantinas aumento considerablemente debido a la concentración del producto, al proceso de liofilización y a la protección que brinda la maltodextrina al producto. La capacidad antioxidante también se vio incrementada ya que presentó un valor mayor al de la pulpa incluso cuando requirió el uso de una cantidad de un tercio de la pulpa para realizar la extracción y las mediciones.

Cuadro 11. Caracterización fisicoquímica

AW	Cantidad de betacianinas (mg/g)	Cantidad de betaxantinas (mg/g)	Capacidad antioxidante
0.359±0.001	1,308.13±1.6	347.42±1.2	86.11

En la Cuadro 12 se presenta el tamaño de partícula promedio del colorante en polvo desarrollado. La dispersión de los tamaños de partícula es pequeña ya que se concentra en su mayoría entre el tamaño de 425µm y 250µm, con esto se puede concluir que el producto presenta una granulometría bastante homogénea. Ya que el tamaño de partícula promedio es considerablemente bajo, se favorece la disolución del producto debido a que entre menor es el tamaño de partícula mayor es el área superficial que puede entrar en contacto con el solvente y es más fácil que el solvente retire la partícula de la aglomeración inicial y la disuelva. Sin embargo, una disminución del tamaño promedio de partícula favorecería la solubilidad del producto aún más.

Cuadro 12. Granulometría

Tamiz	Tamaño (µm)	%	Tamaño de partícula (µm)
25	710	6.34%	430.89
40	425	9.25%	
60	250	69.73%	
80	180	5.13%	
100	150	4.39%	
120	125	1.64%	
fondo	124	3.52%	

Se puede observar en la Cuadro 13 los parámetros de color que presentan diferentes colorantes artificiales en comparación con el producto en polvo desarrollado. Se puede observar que el producto de pitaya muestra una coloración menos traslucida en comparación con los demás colorantes debido a la presencia de maltodextrina, sin embargo, se puede observar que exhibe una considerable similitud en parámetros de color con los colorantes rojo7 y rojo 3. A pesar de esto, existe una leve desviación en cuando a los parámetros a y b que corresponden a un menor color rojo y mayor presencia de azul. Esto genera un color más entre rosa o violeta en comparación con las demás muestras. La variación que manifiesta con el rojo 40 es considerable debido a que este último presenta claramente una menor presencia de azul y mayor presencia de color amarillo ya que el parámetro b se encuentra en el rango de los valores positivos. Es relevante mencionar que del producto final se requirió adicionar 20 veces la cantidad del colorante artificial para obtener una coloración similar a los colorantes artificiales por lo que su poder colorante no es comparable con el de los colorantes artificiales. Sin embargo, el producto a base de pitaya tiene la ventaja de que puede incorporarse en cantidades mayores a los colorantes artificiales ya que no existen límites para su cantidad de uso en los alimentos como es el caso de los colorantes artificiales. Además, agregar mayores proporciones del producto permite un mayor aporte de los beneficios de la pitaya.

Cuadro 13. Comparación de colorantes en agua

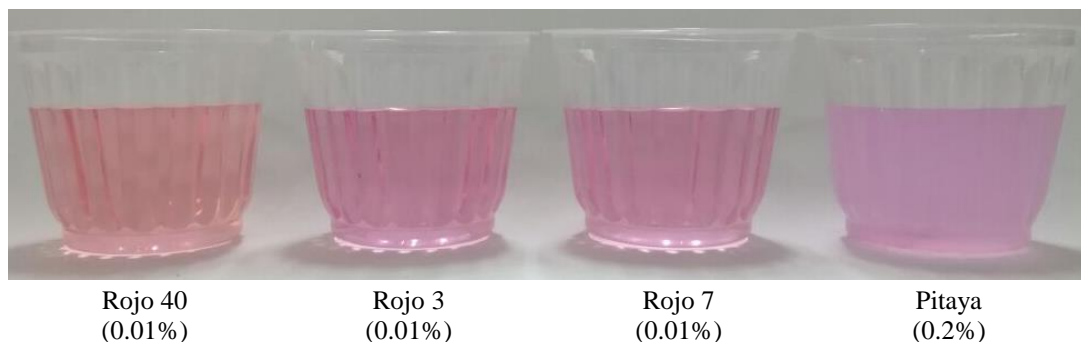
	Rojo 40	Rojo 3	Rojo 7	Pitaya
L	58.59	55.64	55.8	55.69
a	16.06	16.46	16.83	11.69
b	2.61	-2.95	-3.00	-5.17

\*Concentración de 0.01% en todos los colorantes artificiales, y de 0.2% para el producto de pitaya

A continuación, se muestra la comparación de poder colorante en agua en la Figura 10. Se puede apreciar claramente que el producto desarrollado presenta mayor similitud a los colorantes rojo 7 y 3 que al rojo 40.

También se observa que vuelve el producto final menos traslucido. Debido a lo anterior no se recomienda el uso de este ingrediente para productos que requieran ser traslucidos.

Figura 10. Comparación de colorantes en agua



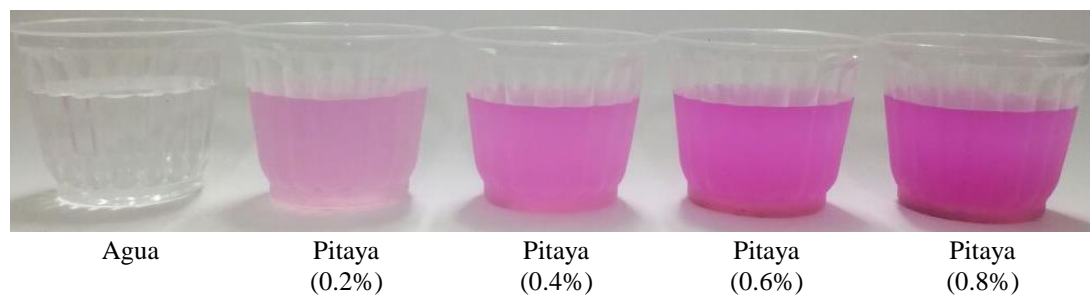
Se puede observar en la Cuadro 14, el cambio de color que se da al agregar diferentes cantidades del producto al agua. Se puede observar cómo se da una disminución de la luminosidad de la muestra al adicionar mayores cantidades del producto. También se observa un aumento en los tonos rojos y azules que combinados producen un color entre rosa y violeta. La regulación de diferentes concentraciones del producto puede generar una amplia gama de tonos entre rosa y violeta que permite el desarrollo de productos con tonalidades tenues hasta tonalidades más fuertes.

Cuadro 14. Comparación de diferentes concentraciones de producto desarrollado

Concentración % (p/p)	Agua		
	L	a	b
0.0	64.04	-0.89	0.22
0.2	55.69	11.69	-5.17
0.4	48.51	23.85	-11.07
0.6	43.15	31.19	-14.5
0.8	36.51	37.39	-15.9

Se puede observar en la Figura 11 que el aumento en la concentración del producto en muestras de agua genera diversas tonalidades entre rosa y violeta. El proceso de incorporación al producto final debe realizarse con una dilución previa del producto en polvo o con la ayuda de agitación, ya que la presencia de la maltodextrina, así como de las gomas naturales que contiene la pitaya dificultan el proceso de homogenización de la muestra. Ya que el producto se realizó en utilizando la fruta completa, este presenta sólidos procedentes de las semillas que se sedimentan al estar en una matriz poco viscosa, por lo que si se agregan a un producto con poca viscosidad se recomienda la incorporación de un estabilizante o una indicación en la etiqueta de agitar el producto antes de consumir.

Figura 11. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en agua



En la Cuadro 15 se puede observar la comparación de colorantes en leche, se observa que en esta matriz el producto exhibe un perfil de color considerablemente parecido al rojo 3 y al rojo 7, con la diferencia más notable siendo un menor valor en el parámetro a que denomina el color rojo. Debido a lo anterior se sugiere que el producto puede utilizarse como sustituto de dichos colorantes en un producto como la leche. En cuanto al colorante rojo 40, el producto presentó diferencias significativas teniendo un menor valor para el color rojo y el amarillo. Es decir, una tonalidad más violeta en comparación, por lo que no se recomienda como sustituto para dicho colorante.

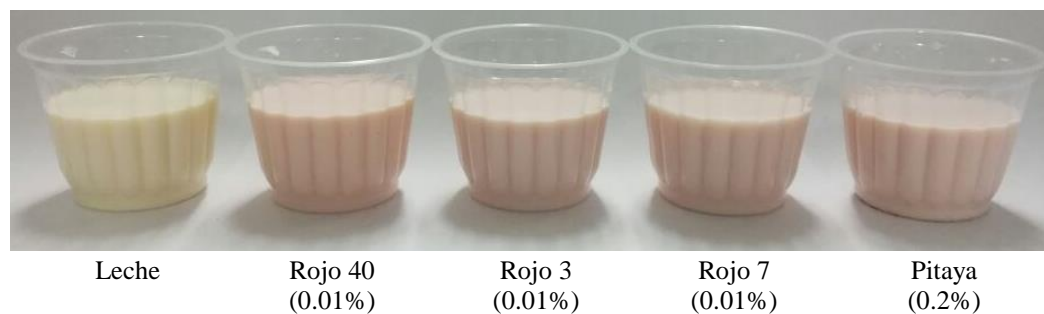
Cuadro 15. Comparación de colorantes en leche

	Rojo 40	Rojo 3	Rojo 7	Pitaya
L	87.33	86.24	87.64	87.73
a	9.23	7.37	7.54	6.84
b	9.03	7.11	7.33	7.14

\*Concentración de 0.01% en todos los colorantes artificiales, y de 0.2% para el producto de pitaya

La Figura 12 muestra la comparación de colorantes utilizando leche como matriz. Se observa que todos los colorantes otorgaron un color similar al de leches saborizadas. Sin embargo, ya que la leche no tiene una alta viscosidad, se da una precipitación de partículas de semillas en el fondo del recipiente con el transcurso del tiempo. Aunque dicha precipitación no se da a una velocidad tan alta como en el agua pura.

Figura 12. Comparación de colorantes en leche



En la Cuadro 16 se observa que a medida que aumenta la concentración del producto aumenta la coloración violeta del mismo. Se observa que se da una disminución leve en la luminosidad conforme aumenta la concentración, así como un aumento en el parámetro de color rojo y un aumento de la coloración azul, lo que genera diversos tonos entre rosa y violeta. Esta variación permite la coloración de productos destinados a diferentes mercados como lo son niños, a los que se destina una coloración más fuerte.

Cuadro 16. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en leche

Concentración % (p/p)	Leche		
	L	a	b
0.0	89.69	0.71	12.31
0.4	87.73	6.84	7.14
0.8	85.10	9.66	4.43
1.2	84.15	11.97	2.66
1.6	82.81	13.72	1.18

Se observan los cambios en la coloración de las muestras en la Figura 13. Se puede apreciar que la coloración de la concentración 1.6 es considerablemente mayor a las demás dando un tono rosa muy parecido a leches saborizadas enfocadas a niños. También es visible que aun concentraciones pequeñas del producto como 0.4% generan un cambio reconocible en la muestra. Sin embargo, cabe resaltar que la concentración inicial de colorante aplicada (0.2%) tuvo que duplicarse para poder obtener una coloración reconocible ya que el color propio de la leche evita que esta tome una coloración con tanta facilidad como el agua. Ya que fue necesario duplicar la cantidad de colorantes artificiales en las muestras de leche para lograr una coloración perceptible se sugiere que la disminución en el poder colorante no es exclusiva del producto realizado, sino un efecto de la matriz utilizada.

Figura 13. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en leche



En la Cuadro 17 se observa la comparación del producto y los colorantes artificiales utilizando yogur como matriz. Se puede observar que el producto exhibe un perfil muy parecido al rojo 3 y al rojo 7, variando levemente en el valor de a y b, mostrando que presenta un color menos rojo y más azul. En cuanto al rojo 40

se observa una diferencia más marcada en la variación de los parámetros a y b, tanto así que el color se vuelve visiblemente diferente. Debido a que el yogurt cuenta con una alta viscosidad, se considera como la matriz ideal para la incorporación del producto puesto que permite una adecuada suspensión de los sólidos.

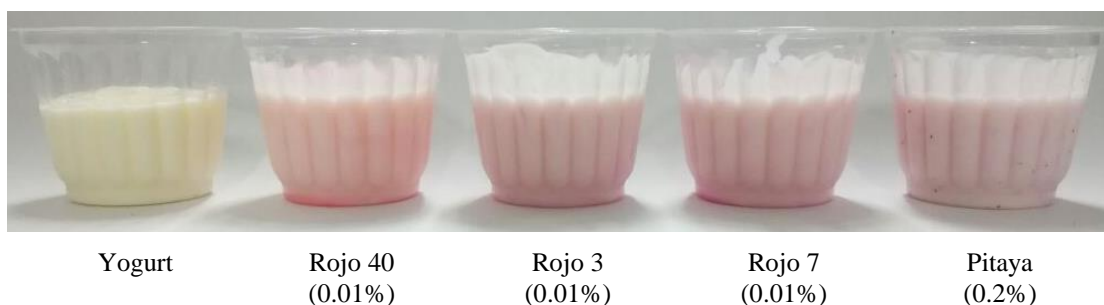
Cuadro 17. Comparación de colorantes en yogurt

	Rojo 40	Rojo 3	Rojo 7	Pitaya
L	88.34	87.23	88.00	86.77
a	13.33	10.46	10.25	7.76
b	6.25	2.90	3.13	2.15

\*Concentración de 0.01% en todos los colorantes artificiales, y de 0.2% para el producto de pitaya

En la Figura 14 se aprecia la coloración que brinda cada colorante a la muestra de yogurt. Es notable a simple vista que la muestra con el rojo 40 muestra una tonalidad muy distinta a las demás muestras. Sin embargo, la muestra con el producto en polvo presenta una coloración muy parecida al rojo 3 y rojo 7, tanto así que podría utilizarse como sustituto de dichos colorantes en matrices como el yogurt. También se observa que las partículas del producto se suspenden en el yogurt debido a la alta viscosidad, lo que le da una apariencia homogénea y agradable.

Figura 14. Comparación de colorantes en yogurt



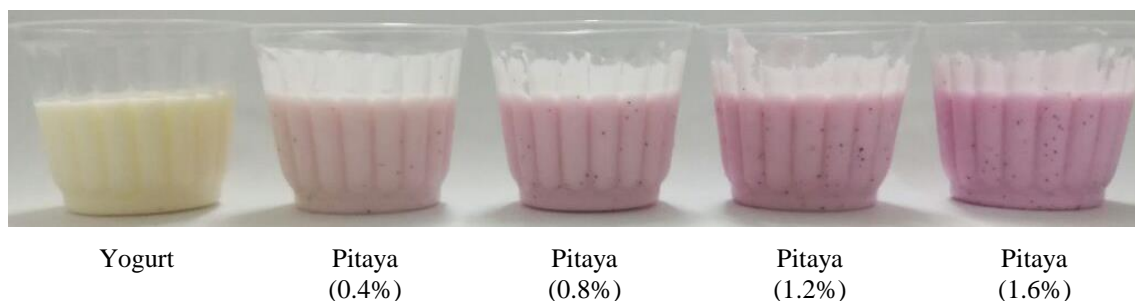
Se observa en la Cuadro 18, la comparación de diferentes concentraciones de colorante en yogurt. Se observa que se da una disminución en la luminosidad de la muestra, además de un aumento en el parámetro a y una disminución en el parámetro b. Ambas indican un aumento en la coloración rojiza, así como un incremento en la coloración azul respectivamente. Esto permite que se dé una gama de colores entre rosas y violetas que recuerdan a los que se encuentran en productos de este tipo que contienen frutas. La presencia de sólidos procedentes de las semillas refuerza la perspectiva de que se trata de un yogurt con fruta adicionada.

Cuadro 18. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en yogurt

Concentración % (p/p)	Agua		
	L	a	b
0.0	92.78	-1.59	11.27
0.4	86.77	7.76	2.15
0.8	83.52	11.64	-1.12
1.2	81.84	14.59	-3.34
1.6	79.27	16.78	-5.22

En la Figura 15 se observa la coloración que manifestó cada muestra de yogurt con diferentes concentraciones del producto. Se observa un incremento de la coloración de todas las muestras con el incremento de la concentración, así como de los sólidos solubles contenidos en la muestra. Debido a esto se sugiere que productos con una consistencia parecida al yogurt son ideales para la adición del producto como sustituto de colorantes como rojo 3 y rojo 7.

Figura 15. Comparación de diferentes concentraciones de colorante en yogurt



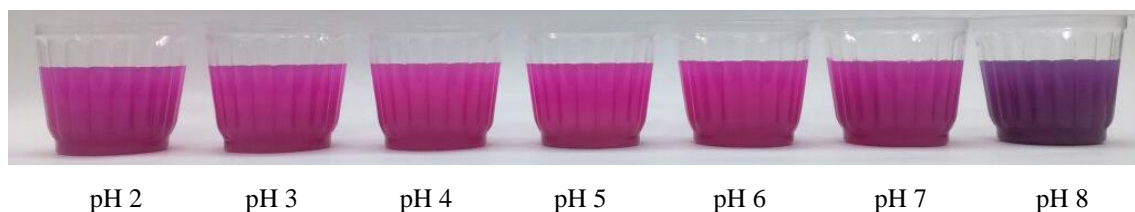
Se midió la estabilidad del color del producto en un rango de pH, los resultados se muestran en la Cuadro 19. Se puede observar que no existen variaciones mayores a 2 en el parámetro de b, mientras que en los parámetros de L y a se dan variaciones importantes en el pH 8. Dichas variaciones constituyen una disminución en la luminosidad, así como en el color rojizo respectivamente, dando como resultado un color más oscuro y violeta.

Cuadro 19. Estabilidad del producto a diferentes pH.

pH	L	a	b
2	7.27	24.82	-5.18
3	7.59	25.46	-4.60
4	7.66	25.07	-4.04
5	7.55	25.79	-3.93
6	6.85	25.81	-3.93
7	6.07	23.15	-4.04
8	3.30	9.01	-4.11

En la Figura 16 se observan los cambios de coloración del producto debidos a los cambios en el pH. Se observa que el producto es estable en un rango de pH de 2 a 7, puesto que en pH 8 su coloración cambia considerablemente. Debido a lo anterior se sugiere que el producto puede incorporarse a productos en ese rango de pH sin ningún cambio de color significativo.

Figura 16. Estabilidad del producto a diferentes pH.



## F. Vida útil

El estudio de vida útil realizado tenía como fin pronosticar el tiempo en que el producto ya no es apto para consumo. Debido a que no se obtuvo una tendencia en los valores obtenidos no es posible obtener una fecha exacta para la caducidad del producto. Sin embargo, si se puede afirmar mediante la Figura 1 que el producto tiene una vida de por lo menos 4 meses a temperatura ambiente. También se puede concluir que el empaque utilizado fue el adecuado ya que el aumento en la actividad de agua no supera 0.5 en todo el transcurso de 4 meses.



## IX. CONCLUSIONES

El bajo perfil de sabor y su alto poder colorante permiten la incorporación de pitaya en otros productos como colorante natural, además de aportar los componentes funcionales del fruto a los alimentos y prolongar su vida útil.

La pulpa no representa una fuente significativa de proteína o fibra dietética, pero sí de antioxidantes. La proporción de cáscara presente en la fruta representa pérdidas de hasta el 30% del fruto en el momento de industrializar; sin embargo, esta representa una posible fuente de obtención de fibra dietética para la adición a otros productos. El aceite extraído de las semillas no presenta un mejor perfil de ácidos grasos en comparación con aceites de canola, sésamo y girasol. Los extractos betalaínicos de la pulpa pueden incorporarse en productos que se encuentren en un rango de pH de 3 a 7.

Se requiere la adición de maltodextrina a la pitaya en polvo para brindarle las características adecuadas, además de permitir la disminución de humedad y actividad de agua que permiten su aumento de vida de anaquel. Este ingrediente puede utilizarse como sustituto de colorantes rojo 3 y 7, en alimentos que se encuentren en un rango de pH de 2 a 7. Se sugiere que se adicione a alimentos viscosos o se adicione compuestos que permitan la suspensión de partículas.

Se estima que el producto puede permanecer por lo menos 4 meses a temperatura ambiente en un empaque trilaminado sin exhibir actividades de agua mayores a 0.6 y sin mostrar cambios sustanciales en la coloración que brinda.

## X. RECOMENDACIONES

Promover el uso de la pitaya como ingrediente funcional y colorante en alimentos, dando a conocer sus propiedades funcionales y como puede aplicarse en alimentos.

Realizar pruebas para la implementación de la cáscara de pitaya en productos a modo de aumentar su contenido de fibra dietética y aportar antioxidantes.

Implementar el producto realizado en alimentos que presenten una alta viscosidad para permitir la suspensión de partículas además de utilizarse en conjunto con un saborizante.

Evaluar la posible venta del producto para su reconstitución y uso para la realización de jugos, licuados y mermeladas.

## XI. BIBLIOGRAFÍA

- Ariffin, A. A., Bakar, J., Tan, C. P., Rahman, R. A., Karim, R., & Loi, C. C. (2009). *Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil*. *Food Chemistry*, 114(2), 561–564. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.108>
- CASTA. (n.d.). *Vinos*. Retrieved March 20, 2017, from <http://castadevinos.mx/Vinos.html>
- Castellanos-Santiago, E., & Yahia, E. M. (2008). *Identification and quantification of betalains from the fruits of 10 Mexican prickly pear cultivars by high-performance liquid chromatography and electrospray ionization mass spectrometry*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5758–5764. <https://doi.org/10.1021/jf800362t>
- Castillo, R. (2006). *Aprovechamiento de la pitahaya: bondades y problemáticas*. *Caos Conciencia*, 1, 13–18. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Aprovechamiento+de+la+pitahaya+:+bondades+y+problem+?ticas#0>
- Enrique, O. C., Verónica, G., José, L. J., Lorena, L. M., Paola, H., & Ángel, G. J. (2012). *Scientia Agropecuaria Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (Hylocereus spp)*. *Antioxidant, physicochemical and microbiological characteristics of fermented and*, 3, 279–289.
- Esquivel, P., & Quesada, Y. A. (2012). *Revisión Características del fruto de la pitahaya (Hylocereus sp.) y su potencial de uso en la industria alimentaria Pitahaya (Hylocereus sp.): fruit characteristics and its potential use in the food industry*. *Revista Venezolana de Ciencia E Tecnología de Alimentos*, 3(1), 113–129.
- García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., Valle-Guadarrama, S., & Para Correspondencia, A. (2012). *BETALAÍNAS, COMPUESTOS FENÓLICOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN PITAYA DE MAYO (Stenocereus griseus H.)*. *BETALAINS, PHENOLIC COMPOUNDS AND ANTIOXIDANT ACTIVITY IN PITAYA DE MAYO (Stenocereus griseus H.)*. *Nota Científica Rev. Fitotec. Mex*, 35(5), 1–5.
- Lim, H. K., Tan, C. P., Bakar, J., & Ng, S. P. (2012). *Effects of Different Wall Materials on the Physicochemical Properties and Oxidative Stability of Spray-Dried Microencapsulated Red-Fleshed Pitaya (Hylocereus polyrhizus) Seed Oil*. *Food and Bioprocess Technology*, 5(4), 1220–1227. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0555-1>

- Lim, H. K., Tan, C. P., Karim, R., Ariffin, A. A., & Bakar, J. (2010). *Chemical composition and DSC thermal properties of two species of Hylocereus cacti seed oil: Hylocereus undatus and Hylocereus polyrhizus*. *Food Chemistry*, 119(4), 1326–1331. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.002>
- Rui, H., Zhang, L., Li, Z., & Pan, Y. (2009). *Extraction and characteristics of seed kernel oil from white pitaya*. *Journal of Food Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.02.016>
- Sánchez-valle, V., & Méndez-sánchez, N. (2013). *Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad*, 20(3), 161–168.
- Sobre, I., & Situaci, L. A. (2014). *INFORME SOBRE LA SITUACIÓN MUNDIAL de las enfermedades no transmisibles*.
- Stintzing, F. C., & Carle, R. (2007). *Betalains e emerging prospects for food scientists*, 18, 514–525. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.04.012>
- Tenore, G. C., Novellino, E., & Basile, A. (2012). *Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (Hylocereus polyrhizus) extracts*. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.003>
- TradeKorea. (n.d.). *A NEW PRODUCT FROM VIETNAM Freeze Dried Dragon Fruit Chips from GAP Agriculture Joint Stock Company B2B marketplace portal & Viet Nam product wholesale*. Keyword freeze dried dragon fruit chips freeze dried pitaya from vietnam dried fruits chips. Retrieved March 20, 2017, from <http://www.tradekorea.com/product/detail/P644269/A-NEW-PRODUCT-FROM-VIETNAM-Freeze-Dried-Dragon-Fruit-Chips.html>
- Tze, N. L., Han, C. P., Yusof, Y. A., Ling, C. N., Talib, R. A., & Taip, F. S. (2012). *Physicochemical and Nutritional Properties of Spray-dried Pitaya Fruit Powder as Natural Colorant*, 21(3), 675–682. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0088-z>
- Welch's. (n.d.). *Welch's Dragon Fruit Mango Cocktail*. Retrieved March 20, 2017, from <http://www.welchs.com/products/refrigerated-cocktails/dragon-fruit-mango-cocktail>
- Wichienchot, S., Jatupornpipat, M., & Rastall, R. A. (2010). *Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties*. *Food Chemistry*, 120(3), 850–857. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.026>

## XII. ANEXOS

### A. Prototipos.

Figura 19. Leche de almendra con pitaya



Figura 21. Mermelada de pitaya



Figura 23. Helado con sabor a pitaya



Figura 20. Jugo de naranja, durazno y pitaya



Figura 22. Chips



Figura 24. Gaseosa



Cuadro 20. Datos de cartilla de color

pH	Semana 0			Semana 1			Semana 2			Semana 3			Semana 4		
	L	A	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b	L	a	b
3.00	7.59	25.46	-4.60	7.90	24.88	-4.29	8.34	24.64	-3.80	8.49	24.29	-3.23	9.08	23.38	-2.38
3.50	7.63	25.23	-4.23	8.26	25.42	-4.11	8.64	24.99	-3.68	9.46	23.58	-3.03	9.99	22.54	-2.24
4.00	7.66	25.07	-4.04	8.31	25.41	-4.10	9.89	26.23	-3.30	9.50	23.27	-2.80	9.66	22.64	-2.08
4.50	7.61	25.39	-3.98	8.40	25.52	-4.06	10.54	26.73	-3.15	9.38	23.74	-2.86	9.74	22.55	-2.09
5.00	7.55	25.79	-3.93	8.60	25.84	-3.97	10.31	26.59	-3.19	10.05	23.11	-2.78	9.55	22.39	-2.17
5.50	7.02	25.80	-3.92	8.43	25.61	-4.03	9.21	25.58	-3.49	9.21	23.70	-2.85	9.62	22.63	-1.99
6.00	6.85	25.81	-3.93	7.78	24.65	-4.35	8.64	24.97	-3.68	9.01	23.11	-2.62	9.18	21.84	-1.87
6.50	6.43	24.31	-3.99	7.45	23.45	-4.68	8.46	24.80	-3.74	8.78	23.05	-2.59	8.92	21.93	-1.85
7.00	6.07	23.15	-4.04	7.41	22.76	-4.88	7.62	23.01	-4.27	8.15	21.99	-2.69	8.25	20.85	-1.92

## B. Método AOAC 942.15 (Acidez titulable en frutas utilizando potenciómetro)

Verificar el funcionamiento del potenciómetro con las soluciones estándar. Agregue 100ml de muestra a un Erlenmeyer. Limpie el electrodo con suficiente agua destilada antes de realizar la medición. Titule con solución 0.1M NaOH, mientras continúa realizando las mediciones hasta llegar a un pH de 7. Finalizar la titulación agregando 4 gotas de solución NaOH 0.1M, hasta pasar de pH 8.1. Interpolar volumen para pH 8.1.

## C. Método AOAC 934.06 (Humedad en frutas)

Pesar 25 g de muestra en un recipiente de metal. Secar a 70°C a una presión <100mmHg. Enfriar en desecadora y pesar.

## D. Método AOAC 920.151 (Sólidos totales en frutas)

Pesar en un Erlenmeyer 20 g de fruta pulpeada, o pesar suficiente fruta para obtener de 3 a 4 g de material seco. Secar a 70°C bajo presión <100mm Hg hasta obtener una medición consecutiva igual de los pesos.

## E. Método AOAC 940.26 (Cenizas en frutas)

Secar muestra a 70°C bajo presión <100mmHg y seguidamente calentar a <525°C, utilizando 25 g de jugo. Hasta obtener un peso constante.

#### F. Método AOAC 993.21 (Fibra dietética total)

Agregar 500 mg de fruta seca en un Beaker de 250 ml. Agregue 25 ml de agua, revuelva hasta disolver lo mejor posible. Incubar por 90 minutos a 37°C. Agregue 100 ml de etanol a 95% y deje reposar por 1 hora a temperatura ambiente. Filtrar por vacío y lavar 2 veces con 20 ml de etanol al 78%, 2 veces con 10 ml de etanol al 95% y una vez con 10 ml de acetona. Seque los residuos por al menos 2 horas a 105°C. Enfriar en desecadora por al menos 2 horas.

#### G. Método AOAC 920.152 (Proteína en frutas por método de kjeldahl)

Utilizar muestra obtenida del método AOAC 993.21 y una mayor porción de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> si es necesario para completar la digestión. %N x 6.25 = % proteína.