

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos



Determinación *in vitro* del índice de inhibición de la enzima alfa-amilasa en pulpa fresca y concentrada de pitaya (*Pachycereus grandis*).

Por:

Gerson Alexander Hernández Morales

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

Determinación *in vitro* del índice de inhibición de la enzima alfa-amilasa en pulpa fresca y concentrada de pitaya (*Pachycereus grandis*).

Por:

Gerson Alexander Hernández Morales

TESIS

SE SOMETE A CONSIDERACIÓN POR EL H. JURADO EXAMINADOR COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA:

MILDRED FLORES

M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui
Presidente del jurado

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Sinodal

Dr. Armando Robledo Olivo
Sinodal

Dr. José Duéñez Alanís
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Junio 2016

En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos; que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y dar más, que digan: mejor ahora que mañana."

Ernesto "Che" Guevara

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi familia pues su apoyo a lo largo de mi carrera y de toda mi vida, ha permitido que yo esté hasta donde me encuentro en este momento.

A mi mamá Mery Morales: Porque sin sus pronto consejos y oraciones, yo estaría perdido y sin rumbo.

A mi papá Erasmo Hernández: por alentarme cuando yo creía ya no poder. De verdad no sé qué hubiera hecho sin ti.

A mi hermana Linette Hernández: que siempre estuvo ahí lista para escucharme y decirme exactamente lo que necesita ser dicho en cada momento, fuera esto lo que yo hubiera querido escuchar o no.

Ustedes son los únicos incondicionales que me han brindado de su fuerza y amor para poder estar en pie y hacer frente a las adversidades que me he topado en este sendero de vida. Gracias a su presencia en la distancia es que pude alcanzar una de mis metas en la vida. Para ustedes es este triunfo.

A mi hermano del alma, Jonathan Prado: por estar siempre para mí y demostrarme que una amistad puede ser fiel y verdadera durante años sin importar la distancia ni las situaciones.

A mi Alma Mater “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por permitirme ser parte de ella, abrir el camino a mi formación profesional y por colocar a todas las personas de las que adquirí mis conocimientos.

A mi asesora M.C. Mildred Flores Verástegui, por confiar en mí para el desarrollo de este proyecto, por la paciencia que tuvo hacia mí, su atención y el compromiso conmigo para la culminación de este trabajo.

A los doctores Dolores Gabriela Martínez Vázquez y Armando Robledo Olivo, por sus valiosas aportaciones a este documento.

A mi mejor amiga María Peeples: gracias por todo lo que me permitiste vivir junto a ti, por abrirme las puertas de tu vida, tu corazón y de tu casa, gracias a ti ya tengo historias que contarle a mis descendientes.

A Claudia Ramos por tu amistad todo este tiempo, por lo vivido y por lo que vendrá.

To Karen Cen and Dimitri Uzum, Thank you both for sharing your time and company though we are at extreme opposites of the planet. You are truly exceptional.

To Mavel Marina and Danielle Gilliam, thanks you both for helping me widen my perspective of the world and for helping me feel need to support my country and my community.

A mis amigos Renata Elizondo y Christian Rivera por estar conmigo en mis buenos y malos momentos (más malos que buenos), por todo lo que hemos vivido juntos.

A mis amigos de la carrera, Danny Infante, Itzel Cervantes y David Ledezma, por lo compartido en clases y fuera de ellas.

A todos los que no recordé al momento de escribir esto. Ustedes saben quiénes son.

Pero sobre todas las cosas, gracias al Señor Todo Poderoso que me permite despertar y respirar cada mañana, porque sin su favor todas las cosas son vanidad. Por darme la sabiduría y la inteligencia que sólo él puede darme. Gracias a Dios hoy puedo culminar de la manera que siempre quise: feliz.

A todos, gracias.

Con amor y admiración:

RESUMEN

La vida como se conocía algunos años ya no es la misma y desafortunadamente, así como el progreso nos ha alcanzado, hay un aspecto del desarrollo que no es del todo beneficioso. El avance tecnológico alrededor del mundo, la globalización y el crecimiento económico a pasos agigantados, obliga a los habitantes de cada ciudad a llevar una vida acelerada donde se tiene poco o nada de tiempo para el propio cuidado de la salud. Si a esto se le suman los nuevos trabajos donde la actividad física ya no es requisito, la siempre prisa por llegar a todas partes que conlleva a una mala alimentación, realmente nos enfrentamos a graves problemas.

En México, el país con más obesidad en el mundo, se diagnosticaron en noviembre de 2014, 323 mil 110 casos nuevos de obesidad. Esta situación, consecuencia del estilo de vida, repercute en múltiples enfermedades como la Diabetes mellitus.

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. Existen dos tipos de Diabetes mellitus: la tipo 1 y la tipo 2. La tipo 2 está caracterizada por altos niveles de glucosa en la sangre, debido a una resistencia celular a las acciones de la insulina, combinada con una deficiente secreción de insulina por el páncreas, que puede ser tratada con dietas especializadas y actividad física, recurriendo poco o nada a la aplicación de unidades de insulina.

México, país con riqueza en biodiversidad, nos provee de plantas exóticas que se cree poseen características medicinales. Dentro de esas plantas se encuentra la pitaya (en sus diferentes variantes) que ha sido utilizada de tiempo atrás en la medicina tradicional para el tratamiento de distintas enfermedades relacionadas con el metabolismo.

Esta investigación se enfoca en la determinación *in vitro* del índice de inhibición de la enzima alfa-amilasa, para el control de los índices de glucosa en la sangre específicamente para pacientes diabéticos, en dos tratamientos diferentes de pitaya (*Pachycereus grandis*): 1) la pulpa fresca de pitaya mínimamente procesada y 2) un concentrado, por calor, de pulpa de pitaya. Además de esto se realizó un análisis bromatológico y de antioxidantes a ambos tratamientos como complemento a este estudio, donde se encontraron resultados que en definitiva llaman la atención.

El 56.52% de índice de inhibición de actividad enzimática de alfa-amilasa en la pulpa fresca de la pitaya, muestran que realmente es una alternativa para añadir a la dieta de los pacientes hiperglucémicos, como un complemento a su tratamiento. Además, las cantidades de proteína encontradas (24% para el caso de la pulpa fresca y 23% para el concentrado) hace de esta cactácea una alternativa de nutrición para la región donde se cultiva y una oportunidad para su producción y comercialización a gran escala.

Palabras clave: *pitaya, diabetes mellitus, sustancias hipoglucemiantes, alfa-amilasa, antioxidantes.*

Correo electrónico; Gerson Alexander Hernández Morales, gerson.ahmorales@gmail.com

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	6
ÍNDICE GENERAL.....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	14
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. HIPÓTESIS.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEORICO.....	18
2.1. DIABETES MELLITUS.....	18
2.1.1. DIABETES MELLITUS TIPO 2 (DIABETES NO INSULINODEPENDIENTE -DMNID-).....	18
2.1.2. SUSTANCIAS HIPOGLUCEMIANTES.....	19
2.1.2.1. ALFA-AMILASA.....	20
2.2. CACTÁCEAS.....	21
2.2.1. <i>Pachycereus grandis rose</i> 1909.....	22
2.2.2. ANTIOXIDANTES.....	22
2.2.2.1. FENOLES.....	22
2.2.2.2. FLAVONOIDES.....	23

2.2.2.3. FRUCTOSA.....	24
2.2.2.3.1. METABOLISMO DE LA FRUCTOSA.....	24
2.2.3. COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS CACTÁCEAS.....	24
2.2.3.1. HUMEDAD	25
2.2.3.1.1. DISMINUCIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA (CONCENTRACIÓN)	25
2.2.3.2. SALES MINERALES.....	25
2.2.3.3. LÍPIDOS..	25
2.2.3.4. PROTEÍNAS.....	26
2.3. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA	26
2.3.1. MÉTODO HUMEDAD TOTAL.....	26
2.3.2. MÉTODO CENIZAS TOTALES	27
2.3.3. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS POR EL MÉTODO SOXHLET	27
2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR EL MÉTODO KJELDAHL.....	28
2.3.4.1. DETERMINACIÓN DE AMONIO	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	29
3.1. UBICACIÓN DEL SITIO DE EXPERIMENTACIÓN	29
3.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO	29
3.1.2. MATERIAL DE LABORATORIO	29
3.1.3. MANEJO DEL MATERIAL BIOLÓGICO	31
3.1.3.1. OBTENCIÓN DE CONCENTRADO.....	31
3.2. ANÁLISIS REALIZADOS.....	31
3.2.1. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE ALFA-AMILASA.....	31
3.2.2. ANTIOXIDANTES.....	32
3.2.2.1. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES	32
3.2.2.2 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES.....	33

3.2.2.3. DETERMINACIÓN DE FRUCTOSA	33
3.2.3. CARACTERIZACIÓN BROMATÓLOGICA	33
3.2.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL.....	33
3.2.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES	34
3.2.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL	34
3.2.3.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....	34
3.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	35
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES	35
4.1. ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE ALFA-AMILASA.....	35
4.2. ANTIOXIDANTES.....	36
4.2.1. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES	36
4.2.2. DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES.....	37
4.2.3. DETERMINACIÓN DE FRUCTOSA	39
4.3. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA	41
4.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL.....	41
4.3.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES	41
4.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL	42
4.3.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA.....	43
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	46
CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES	47
CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
ANEXOS.....	56
A) ANÁLISIS DE VARIANZA.....	56
B) CURVAS DE CALIBRACIÓN.....	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Material de laboratorio utilizado durante el desarrollo del presente trabajo.	29
Cuadro 2. Reactivos utilizados durante el desarrollo de la presente investigación.....	30
Cuadro 3. Equipo de laboratorio necesario para el desarrollo de este trabajo.....	30
Cuadro 4. Contenido promedio porcentual de humedad.....	40
Cuadro 5. Porcentaje promedio de cenizas totales en la pulpa fresca y concentrado de pitaya.....	41
Cuadro 6. Grasa total: media porcentual de las muestras fresca y concentrada.....	41
Cuadro 7. Media porcentual de contenido de proteína para cada tratamiento.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparativo entre muestras de concentración promedio de fenoles.....	26
Figura 2. Comparativo de calores medios de flavonoides totales.....	37
Figura 3. Comparativo de concentración promedio de fructosa.....	39
Figura 4. Comparativo de valores porcentuales promedio de los análisis realizados entre la pulpa fresca y el concentrado de pitaya.....	43

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus es considerada actualmente como una enfermedad social, no sólo por su elevada frecuencia, sino también por el costo económico que representa para los gobiernos y las familias de las personas que la padecen (López, C., 2013).

Es una de las cinco primeras causas de muerte en la mayoría de los países desarrollados y un fenómeno epidemiológico cada vez más recurrente en muchas naciones en desarrollo o recientemente industrializadas.

La tendencia en la actualidad es el tratamiento de las enfermedades por medio de medicinas alternativas donde las de origen natural son las más buscadas. Tomando en cuenta que en México existen diversas plantas que contienen sustancias que pueden ayudar con la creación de alimentos que sean una alternativa viable para el tratamiento de diversas enfermedades, dentro de ellas la diabetes tipo 2 y aunado a esto, la oportunidad que se puede brindar a los productores de incrementar el volumen de sus cosechas, resalta en un área de oportunidad para realizar estudios profundos sobre diversas plantas que, se cree, tienen propiedades curativas.

Disminuir la absorción de la glucosa de la dieta es una vía para el control de la diabetes tipo 2, inhibiendo la hidrólisis de los carbohidratos, lo que resulta en glucosa y, por tanto, se puede lograr una disminución en la absorción de ésta. Uno de los enfoques terapéuticos más importantes para disminuir la diabetes tipo 2 es retardar la absorción de la glucosa a través de la inhibición de las enzimas que hidrolizan carbohidratos como alfa-amilasa. Estudios epidemiológicos han demostrado que dietas ricas en frutas y vegetales pueden reducir el riesgo de una amplia variedad de enfermedades incluyendo a la diabetes, debido a la presencia de compuestos de naturaleza fenólica. Se ha reportado que esos compuestos

poseen efectos benéficos incluyendo efectos inhibitorios de la enzima alfa-amilasa (Sevilla-Asencio, O., 2013).

Las cactáceas (alrededor de 1,500 especies) son originarias del continente americano, y de las cerca de 70 especies de cactáceas columnares (*Pachycereae*), la mayoría tiene su centro de diversificación en México, tanto en su parte meridional, más húmeda, como en la septentrional, más árida. Así como algunas especies de *Opuntia*, las *Pachycereae* han sido utilizadas por culturas de Meso y Aridoamérica durante miles de años, lo cual actualmente se manifiesta en estas regiones en el cultivo de aproximadamente 40 especies de cactáceas (20 columnares) y en la domesticación de unas 17 (tres de ellas columnares). Desde hace unos 8,000 años, en el Valle de Tehuacán y seguramente también en la Mixteca Baja adyacente, se han aprovechado frutos, semillas y tallos de este tipo de cactáceas. Algunas de ellas pudieron haberse cultivado hacia el 500 D.C. (Jacobo, S., 2014)

El presente trabajo muestra los índices de inhibición de actividad enzimática de alfa-amilasa en pulpa fresca de pitaya y de concentrado mediante calor seco. Las características de la pitaya han llevado a la realización de este trabajo que busca demostrar la capacidad de inhibición de actividad enzimática alfa-amilasa, así como mostrar el contenido de sustancias antioxidantes, comparando este producto con otros disponibles en el mercado.

Además, se plantea la creación de un producto concentrado para su comercialización para brindar la posibilidad al público de consumir este producto, aun fuera de temporada, en lugares donde la producción de este fruto es baja o totalmente nula y alargar la vida útil de este alimento para garantizar su disponibilidad durante todo el año.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La hiperglucemia ocupa un lugar primordial en trastornos crónico-degenerativos. La glucemia en ayunas es igual o superior a 126 mg/dL y con frecuencia se puede detectar glucosa en la orina (glucosuria) (Contreras, C., 1998).

La diabetes tipo 2, o diabetes no insulino dependiente (DMNID), es uno de los trastornos metabólicos más frecuentes que afectan a los seres humanos. Engloba en conjunto alrededor del mundo al 90% de todos los casos de diabetes. (Kronenberg, H y col., 2009).

De acuerdo con la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) 2012, la población masculina de 20 años y más, presenta más sobrepeso y obesidad, afecciones que pueden ser detonantes de diabetes. Durante 2012, la mitad de la población masculina de entre 60 a 69 años presentaba sobrepeso, seguidos de los de 50 a 59 años (49%) y los de 40 a 49 años (45.1%); cuando no hay un control adecuado del sobrepeso, éste se convierte en obesidad (donde hay una acumulación excesiva de grasa en el cuerpo); los hombres más obesos se concentran en los de 40 a 49 años (34.3%), seguidos de los de 30 a 39 años y de 50 a 59 años (31.1 y 28.7%, respectivamente); es decir, la población masculina entre los 30 a los 59 años se encuentra expuesta al riesgo de padecer diabetes (El Seminario, 2013).

En 2014, el 9% de los adultos (18 años o mayores) tenía diabetes. En 2012 fallecieron 1,5 millones de personas como consecuencia directa de este padecimiento. Más del 80% de las muertes por diabetes se registra en países de ingresos bajos y medios (OMS, 2015). Según el INEGI en el 2013 en México hubieron 89, 420 decesos a causa de la diabetes mellitus (INEGI, 2013).

La diabetes, con el tiempo, puede dañar el corazón, los vasos sanguíneos, ojos, riñones y nervios, además de las siguientes afecciones:

- La diabetes aumenta el riesgo de cardiopatía y accidente vascular cerebral (AVC). Según un estudio realizado en varios países, un 50% de los pacientes diabéticos muere de enfermedad cardiovascular (principalmente cardiopatía y AVC).
- La neuropatía de los pies combinada con la reducción del flujo sanguíneo incrementan el riesgo de úlceras de los pies, infección y, en última instancia, amputación.

- La retinopatía diabética es una causa importante de ceguera y es la consecuencia del daño de los pequeños vasos sanguíneos de la retina que se va acumulando a lo largo del tiempo. El 1% de los casos mundiales de ceguera es consecuencia de la diabetes.
- La diabetes se encuentra entre las principales causas de insuficiencia renal.
- En los pacientes con diabetes el riesgo de muerte es al menos dos veces mayor que en las personas sin diabetes. (OMS, 2015)

Con estas estadísticas, es necesario ver a esta afección como un reto para la ciencia de los alimentos y ofrecer a la población un producto (en este caso un concentrado para preparar una bebida funcional) que apoye a la dieta de las personas hiperglucemias para el decremento de sus índices de glucosa en la sangre de manera segura.

Debido a la tendencia de llevar una vida saludable, los concentrados y bebidas procedentes de un fruto parece elevarse como una alternativa conveniente para las personas interesadas en utilizar medicina alternativa, si además a esto le añadimos que el sabor y la presentación no serán convencionales ni que serán como cualquier otro producto ofrecido actualmente, da ese valor extra para sentar las bases de un nuevo producto y posicionarlo en el mercado.

Este trabajo pretende ser la base para la elaboración de un concentrado a base de pitaya y mostrar los cambios que ocurren en su pulpa al ser sometidos al calor y generar una propuesta para la elaboración más factible del producto final que dé a la población hiperglucémica una nueva alternativa para incorporar a su régimen alimentario.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar y determinar el índice hipoglucemiante de pulpa fresca y concentrada de pitaya (*Pachycereus grandis*).

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el índice de inhibición de alfa-amilasa de pulpa fresca y concentrada de pitaya utilizando espectrometría para calcular el porcentaje con referencia en una muestra control.
2. Cuantificar el contenido de sustancias antioxidantes en pulpa fresca y concentrada de pitaya.
3. Realizar análisis bromatológico a la pulpa fresca y concentrada de pitaya (humedad, cenizas totales, grasa y proteína).

1.4. HIPÓTESIS

El concentrado de pitaya (*Pachycereus grandis*) potencializa las características antioxidantes y capacidad inhibitoria de alfa amilasa.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. DIABETES MELLITUS

La diabetes es una enfermedad crónica que aparece cuando el páncreas no produce insulina suficiente o cuando el organismo no utiliza eficazmente la insulina que produce. La insulina es una hormona que regula el azúcar en la sangre. El efecto de la diabetes no controlada es la hiperglucemia (aumento del azúcar en la sangre), que con el tiempo daña gravemente muchos órganos y sistemas, especialmente los nervios y los vasos sanguíneos (OMS, 2015)

El término diabetes es la versión acortada del nombre completo “diabetes mellitus” y fue acuñado probablemente por Apollonius de Memphis alrededor de 250 A.C. El término –diabetes- se registra primero en inglés en un texto médico escrito hacia 1425. En 1675, Thomas Willis agregó la palabra “mellitus” debido al gusto dulce de la orina que ya había sido notado por los Griegos clásicos, los Chinos, los Egipcios, los Indios, y los Persas pues aparece en su literatura (Mandal, A., 2012).

2.1.1. DIABETES MELLITUS TIPO 2 (DIABETES NO INSULINODEPENDIENTE -DMNID-)

La diabetes mellitus tipo 2 (DM2) además del antecedente heredofamiliar, depende de estilos de vida como son el sobrepeso, dieta inadecuada, inactividad física, edad avanzada, hipertensión, etnicidad e intolerancia a la glucosa; además, en las mujeres se presenta en aquellas con antecedente de diabetes gestacional y alimentación deficiente durante el embarazo (Contreras, C. 1998).

Las personas con DM2 presentan tres alteraciones de forma constante: resistencia a la acción de la insulina en los tejidos periféricos, especialmente en el músculo y

la grasa, pero también el hígado; secreción alterada de insulina, especialmente como respuesta al estímulo de la glucosa, y producción aumentada por el hígado.

La DM2 resulta de la combinación de dos defectos:

- a) Resistencia a la insulina.
- b) Disminución en la secreción pancreática de insulina.

La resistencia a la insulina puede ser compensada durante varios años por medio de un aumento en la secreción pancreática de insulina. Esto crea un estado de hiperinsulinemia que permite una actividad insulínica normal en el músculo, tejido graso e hígado, y que mantiene cifras normales de glucosa sanguínea. Con el paso del tiempo las células β del páncreas disminuyen su capacidad de secretar grandes cantidades de insulina y en consecuencia no se compensa la resistencia a la insulina, dando lugar a la hiperglucemia. Para explicar el defecto de la secreción de insulina se han propuesto también diversas hipótesis, una de ellas propone que la amilina es responsable de la disminución de la secreción de insulina. La amilina es una proteína que se produce en las células β y se secreta al espacio intercelular, en donde forma depósitos en estrecho contacto con ellas. Estos depósitos se piensan que pueden interferir con el paso de nutrientes procedentes del plasma o alterar el receptor de la glucosa que regula la secreción de insulina. La información genética de diabetes mellitus (DM) es indispensable pero insuficiente para que la enfermedad se manifieste, requiriéndose siempre de otros factores (ambientales) a los cuales se les conoce como factores desencadenantes de la DM. (Jiménez, A. 2001)

2.1.2. SUSTANCIAS HIPOGLUCEMIANTES

Las sustancias hipoglucemiantes son aquellas capaces de disminuir los índices de glucosa en la sangre.

Existen sustancias hipoglucemiantes de origen farmacológico y de origen natural.

Las sustancias de origen farmacológico se enlistan a continuación junto con su mecanismo de acción.

- Sulfonilureas: estimulan la secreción endógena de insulina por parte de los islotes pancreáticos.
- Meglitinidas: actúan sobre las células β en un sitio distinto a las sulfonilureas
- Biguanidas: reducen la síntesis hepática de glucosa, inhiben su absorción intestinal y aumentan la sensibilidad periférica de la insulina.
- Tiazolidinedionas: mejoran la sensibilidad celular a la insulina.
- Inhibidores de la α -glucosidasa intestinal: reducen la absorción de glucosa en el intestino delgado.
- Inhibidores de la Di-peptidil-peptidasa-IV: inhiben la acción de esta enzima favoreciendo la acción de las hormonas llamadas incretinas sobre los organismos diana.
- Incretinas: un péptido similar al glucagón.

Las sustancias que poseen actividad hipoglucémica se encuentran en alimentos que poseen características en común y que son de alto valor nutricional ya que son bajos en grasa, ricos en fibra, ricos en carbohidratos, vitamina C y E. (Jacobo, S., 2014)

2.1.2.1. ALFA-AMILASA

Cuando se consumen carbohidratos complejos como el almidón en la dieta, las enzimas que actúan en el organismo son las amilasas las que degradan estos compuestos, liberando moléculas más simples como la glucosa o algunos disacáridos al torrente sanguíneo. Estos carbohidratos simples se utilizan para producir energía, sin embargo, el exceso de carbohidratos será almacenados como glucógeno y lípidos (Ganong, 1995).

La alfa-amilasa (1,4- α -D. glucano glucanohidralasa) es una enzima hidrolasa que tiene función de digerir el glucógeno y el almidón para formar azúcares simples, se produce en las glándulas salivales (sobre todo las glándulas parótidas) y en el páncreas. Tiene un pH de 7 y es completamente dependiente de los iones cloruro. Dado que puede actuar en cualquier punto de la cadena de almidón es más rápido que la β . En los animales es una enzima digestiva y su pH óptimo esté entre 6.7 y

7.2. La digestión de los hidratos de carbono comienza en la boca con la amilasa salival y continúa en el intestino delgado con la amilasa pancreática (Ganong, 1995; García-Luna y López-Gallardo, 2007).

El almidón está compuesto por cadenas lineales de glucosa unidas por enlace α (1,4) que se ramifica en ciertos puntos con enlaces α (1,6). La amilasa salival o ptilina rompe sólo un pequeño porcentaje de los carbohidratos complejos e insolubles (almidón) en el enlace α (1,4) hasta formar unidades como dextrinas y posteriormente maltosas (a pH prácticamente neutro, alrededor de 6.8). La ptilina es capaz de desdoblar el almidón hasta glucosa, pero requiere para este efecto un contacto prolongado con el sustrato. Los alimentos permanecen en la boca poco tiempo, y es probable, que en el momento en que son deglutidos, no más del 5% de todos los almidones ingeridos se encuentran ya hidrolizados. La digestión continúa durante un periodo de hasta una hora, hasta que los alimentos se mezclan con las secreciones gástricas. Es este momento la actividad de la amilasa salival queda bloqueada por el ácido de las secreciones del estómago, ya que su actividad enzimática desaparece por completo cuando el pH desciende a un pH 4 aproximadamente. No obstante, antes de que los alimentos se mezclan con el jugo gástrico, el porcentaje de almidones que han sido hidrolizados hacia maltosa oscila entre el 30% y 40% (García-Luna y López-Gallardo, 2007).

Posteriormente, la amilasa pancreática participa a nivel intestinal en el lumen duodenal, rompiendo los enlaces α (1,4) (de algunos de los carbohidratos complejos restantes) y los productos restantes son glucosa, maltosa, maltotriosa y dextrinas. La dextrina es hidrolizada fundamentalmente por una glucoamilasa, aunque también por isomaltosa-sacarasa. La maltosa y maltotriosa son hidrolizadas por la isomaltasa que rompe los enlaces α (1,6) y forma un complejo con la sacarsa, mientras que la α -glucosidasa da como resultado moléculas de glucosa libres (Ganong, 2001; García-Luna y López-Gallardo, 2007).

2.2. CACTÁCEAS

Las cactáceas son plantas dicotiledóneas pertenecientes a la orden *Caryophyllales* y la familia *Cactaceae*. Con excepción de *Rhipsalis Baccifera*, se

distribuyen exclusivamente en el continente americano desde Canadá hasta Argentina y Chile, y en altitudes desde el nivel del mar hasta 4000m. Son una familia de plantas muy diversas en las zonas áridas y semiáridas de América, con cerca de 1900 especies comprendidas en 125 géneros. México es el país con mayor diversidad de cactáceas, pues cuenta con 850 especies, y se considera como su principal centro de diversificación por cuanto posee la mayor riqueza tanto a nivel genérico como específico (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991). Además, las cactáceas presentan un alto grado de endemismo en México, con cerca de 73% a nivel de géneros y 78% a nivel de especies.

2.2.1. *Pachycereus grandis* rose 1909

P. grandis pertenece al grupo de las angiospermas de la familia de las *Cactaceae*. Esta especie puede alcanzar un crecimiento en altura de 10 metros. Su desarrollo diamétrico llega a los 100 cm. El tipo de fruto de esta especie es una baya globosa, con un largo promedio de 5 cm y ancho promedio de 4 cm.

En general este tipo de cactáceas poseen valores nutrimentales altos siendo los más estudiados los compuestos químicos que dan lugar a una fuente de antioxidantes, su alto contenido de azúcares (en especial la fructosa considerado como sustancia hipoglucemiante) y cantidad considerable de vitaminas B, C, y E (Medina, R., 2012).

2.2.2. ANTIOXIDANTES

Se trata de un grupo de vitaminas, minerales, colorantes naturales y otros compuestos de vegetales y enzimas (sustancias propias de nuestro organismo que intervienen en múltiples procesos metabólicos), que bloquean el efecto perjudicial de los denominados radicales libres; es decir, los antioxidantes son sustancias que pueden retrasar o reducir el comienzo de oxidación de las sustancias auto oxidables (Bracco U, y col., 1981).

2.2.2.1. FENOLES

Los compuestos fenólicos están formados por un anillo aromático unido por lo menos a un grupo oxhidrilo. La estructura más sencilla es la del ácido benzoico,

pero con otros sustituyentes en el anillo se forman ácidos fenólicos como el caféico, ferúlico, cumárico y cinámico, comunes en los vegetales y en el propóleo. (Bedascarrasbure, E. y Col., 2004)

2.2.2.2. FLAVONOIDES

El término flavonoides denota un grupo muy amplio de compuestos polifenólicos caracterizados por una estructura benzo- γ -pirano, los cuales están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y se encuentran de forma universal en las plantas vasculares en forma de glicósidos (Cartaya, O, Reynaldo, I. 2001)

Estos compuestos fueron descubiertos por el premio Nobel Szent-György, quien en 1930 aisló de la cáscara del limón una sustancia, la citrina, que regulaba la permeabilidad de los capilares. Los flavonoides se denominaron en un principio vitamina P (por permeabilidad) y también vitamina C₂ (porque se comprobó que algunos flavonoides tenían propiedades similares a la vitamina C). Sin embargo, el hecho de que los flavonoides fueran vitaminas no pudo ser confirmado, y ambas denominaciones se abandonaron alrededor de 1950. (Martínez-Flores, S, y Col. 2002)

Químicamente, estas sustancias son de naturaleza fenólica y se caracterizan por poseer dos anillos aromáticos bencénicos unidos por un puente de tres átomos de carbono, con la estructura general C₆-C₃-C₆, los cuales pueden formar o no un tercer anillo. (Cartaya, O, Reynaldo, I. 2001)

Esta estructura básica permite una multitud de patrones de sustitución y variaciones en el anillo C. En función de sus características estructurales se pueden clasificar en:

1. Flavanos, como la catequina, con un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
2. Flavonoles, representados por la quercitina, que posee un grupo carbonilo en posición 4 y un grupo -OH en posición 3 del anillo C.
3. Flavonas, como la diosmetina, que poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición C3.

4. Antocianidinas, que tienen unido el grupo -OH en posición 3 pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C. (Martínez-Flores, S, y Col. 2002)

Algunos flavonoides pueden presentar actividad protectora hepática, antiinflamatoria, antialérgica, antibacteriana y antifúngica. Otros muestran efectos inhibidores de enzimas de interés farmacológico o muestran actividad antioxidante de los lípidos con ácidos grasos insaturados a través de su actividad captora de radicales libres.

Otras de las propiedades de los flavonoides muy relacionadas con el hombre pueden ser su capacidad para modificar el sabor y/o gusto de diferentes compuestos y preparados usados en los alimentos y en la industria de cosméticos (Ross JA y Kasum CM. 2002)

2.2.2.3. FRUCTOSA

La fructosa es el principal azúcar que se encuentra de forma natural en la miel, la fruta (por ejemplo, dátiles, uvas, higos y manzanas) y en pequeñas cantidades en algunas hortalizas (por ejemplo, zanahorias). Así mismo, la fructosa está unida a la glucosa en el azúcar común o de mesa (sacarosa), que contiene una mitad (50%) de fructosa y otra mitad (50%) de glucosa (Johnston, R. y col., 2013).

2.2.2.3.1. METABOLISMO DE LA FRUCTOSA

En comparación con la glucosa, la fructosa proporciona una respuesta glucémica inferior, ya que tiene un índice glucémico (IG) muy bajo. Por lo tanto, el consumo de alimentos en los que la fructosa sustituye a la glucosa, la sacarosa o los almidones, produce un menor aumento de glucosa en sangre que alimentos que contienen únicamente glucosa y sacarosa. Una respuesta glucémica reducida puede ser beneficiosa en personas con trastornos de la tolerancia a la glucosa (Johnston, R. y Col., 2013).

2.2.3. COMPONENTES QUÍMICOS DE LAS CACTÁCEAS

Las cactáceas al igual que todas las plantas superiores, presentan un complicado proceso metabólico que da origen a la formación de muy diversos compuestos

orgánicos. Para iniciar este proceso se requiere de agua, bióxido de carbono, oxígeno y otras sustancias minerales (Vázquez, O. 1994).

2.2.3.1. HUMEDAD

El agua constituye el principal componente químico de las cactáceas. Su contenido varía mucho entre los diversos géneros, y en cada especie varía en relación a la humedad del suelo y a la disponibilidad del agua en éste. La humedad también varía con la edad del tallo (Sánchez-Mejorada, H.1978).

2.2.3.1.1. DISMINUCIÓN DE ACTIVIDAD DE AGUA (CONCENTRACIÓN)

El agua es el componente mayoritario de los alimentos, llegando a formar el 90% en leche, frutas y hortalizas. El contenido de agua en los alimentos influye también tanto en sus propiedades organolépticas y de textura, así como también en su estabilidad. El agua contenida en un alimento es responsable en gran medida de las reacciones químicas, enzimáticas y microbiológicas, que son las tres principales causas del deterioro del mismo.

Debido a que los hongos, levaduras y bacterias requieren cierta cantidad de agua disponible para crecer, su desarrollo puede limitarse con la reducción de esta agua (Universidad Nacional de Catamarca, 2016)

2.2.3.2. SALES MINERALES

La composición de las cenizas de las cactáceas es muy variable no tan solo entre las distintas especies, sino que también dentro de una misma, ya que depende, en parte, de la composición química del suelo y de los complicados fenómenos de la disponibilidad de ellos para la planta relacionados con la acidez, salinidad, conductividad, grado de disociación o ionización, humedad y textura de los suelos (Sánchez-Mejorada, H.1978).

2.2.3.3. LÍPIDOS

En el 2003 Meráz, M y colaboradores expusieron el contenido de lípidos para diferentes especies de pitahaya en los que la *H. undatus* presenta un contenido de 0.1%; *H. guatemaltensis* contiene 0.21-0.61%; y para la pitaya (no especifica la familia) un contenido de 2.73%.

2.2.3.4. PROTEÍNAS

La importancia nutricional de las pitayas ha sido revelada por medio de estudios bromatológicos que reportan el contenido de proteínas, carbohidratos, fibra y vitamina C (Sánchez, O., 2012)

En el 2012 Sánchez, O. y colaboradores reportaron un contenido de 1.12% de proteína para la *Sternocereus pruinosus*. Un año antes, Campos-Rojas, E. y colaboradores reportaron un 0.91% de proteína en la *Stenocereus* spp, del Monte Escobedo en Zacatecas (Campos-Rojas, E. y Col., 2011).

2.3. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA

La bromatología se puede definir como aquella rama o parte de la nutrición que se encarga de estudiar y comprender los alimentos antes de ser ingeridos, es decir, que su estudio comprende desde cómo se producen y procesan hasta su composición química y termina hasta el momento que son proporcionados al individuo (Cantú, J.E. 1989).

La importancia de la bromatología puede resumirse en los siguientes puntos:

- a) Permite identificar y clasificar los distintos tipos de alimentos.
- b) Permite conocer y valorar la composición química de los alimentos
- c) Nos proporciona información relacionada a los factores que influyen en la producción de alimentos.
- d) Proporciona información básica para la elaboración de reacciones nutritivas y económicamente costeables
- e) Permite seleccionar alternativas para llevar a cabo una mayor eficiencia en la alimentación, suministrando los principios nutritivos requeridos (Cantú, J.E. 1989).

2.3.1. MÉTODO HUMEDAD TOTAL

Es fundamental conocer el contenido y vigilar la humedad en el alimento preparado, ya que niveles superiores al 8% favorecen la presencia de insectos y arriba del 14%, existe el riesgo de contaminación por hongos y bacterias. El

método se basa en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo (FAO, 2016)

2.3.2. MÉTODO CENIZAS TOTALES

Las cenizas de un alimento son un término analítico equivalente al residuo inorgánico que queda después de calcinar la materia orgánica. Las cenizas normalmente, no son las mismas sustancias inorgánicas presentes en el alimento original, debido a las pérdidas por volatilización o a las interacciones químicas entre los constituyentes.

El valor principal de la determinación de cenizas (y también de las cenizas solubles en agua, la alcalinidad de las cenizas y las cenizas insolubles en ácido) es que supone un método sencillo para determinar la calidad de ciertos alimentos, por ejemplo, en las especias y en la gelatina es un inconveniente un alto contenido en cenizas. Las cenizas de los alimentos deberán estar comprendidas entre ciertos valores, lo cual facilitará en parte su identificación. (UNAM, 2007)

En este método toda la materia orgánica se oxida en ausencia de flama a una temperatura que fluctúa entre los 550 -600°C; el material inorgánico que no se volatiliza a esta temperatura se conoce como ceniza. (UNAM, 2007)

2.3.3. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS POR EL MÉTODO SOXHLET

La técnica más importante de separación se basa en el reparto selectivo del soluto entre dos fases no miscibles, que pueden ser una acuosa y una orgánica. La distribución del soluto entre las dos fases inmiscibles es un fenómeno de equilibrio que se describe por medio de la ley de distribución, cuya constante de equilibrio se denomina coeficiente de distribución o coeficiente de reparto. Las constantes de distribución permiten calcular la concentración del soluto que permanece en una solución después de un número de extracciones y permiten determinar la manera más eficiente de realizar una separación por extracción. Es importante tener en cuenta que las sustancias iónicas y los compuestos orgánicos polares, estarán en mayor proporción en la fase acuosa, mientras que los compuestos orgánicos no polares, estarán en mayor proporción en la fase orgánica (Tadeo, J. 2016).



$KD = [S_{(fase2)}] / [S_{(fase1)}]$ Dado en concentraciones molares

KD es el coeficiente de reparto, si KD es suficientemente grande el soluto pasará de la fase 1 a la fase 2, pero si KD es pequeño el soluto permanecerá en la fase 1. Los estados físicos de ambas fases se identifican al describir el proceso de separación nombrando primero la fase que contiene el soluto; así si el soluto se encuentra en la fase sólida y se desea extraerlo con un solvente líquido el proceso se llama extracción sólido-líquido (Tadeo, J. 2016).

El equipo Soxhlet permite hacer una extracción sólido-líquida a temperaturas superiores a la del ambiente, es posible recuperar el solvente después de la extracción utilizando el rota vapor (Tadeo, J. 2016).

2.3.4 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA POR EL MÉTODO KJELDAHL

Se caracteriza por el uso de ebullición del ácido sulfúrico concentrado que efectúa la destrucción oxidativa de la materia orgánica de la muestra y la reducción del nitrógeno orgánico a amoníaco el amonio es retenido como bisulfato de amonio y puede ser determinado in situ o por destilación alcalina y titulación.

Este método puede ser dividido, básicamente en 3 etapas: digestión o mineralización, destilación y valoración. El procedimiento a seguir es diferente en función de si en la etapa de destilación el nitrógeno liberado es recogido sobre una disolución de ácido bórico o sobre un exceso conocido de ácido clorhídrico o sulfúrico patrón. Ello condicionará la forma de realizar la siguiente etapa de valoración, así como los reactivos empleados (García, E., 2016).

2.3.4.1. DETERMINACIÓN DE AMONIO

El amonio en el digestor puede ser determinado por diversos métodos (García, E., 2016):

- a. Adición de exceso de álcali al digestor, destilación del amonio y titulación.
- b. Mezcla alcalina de fenol con hipoclorito de sodio que da una coloración azul con amonio.

- c. Mezcla alcalina de salicilato de sodio, nitroprusiato de sodio e hipoclorito de sodio que da una coloración verde esmeralda brillante con amonio.
- d. Determinación electrométrica usando un electrodo de ion específico y una solución de hidróxido de sodio al 1 %.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1. UBICACIÓN DEL SITIO DE EXPERIMENTACIÓN

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de bromatología ubicado en las instalaciones del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos (DCTA) perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sede Saltillo; en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

3.1.1. MATERIAL BIOLÓGICO

Se trabajó con pitaya roja perteneciente al género *Pachycereus*, de la especie *grandis* originaria de Pitzotlan-Telpancingo, Morelos, México. Fue trasladada, en hieleras con hielo suficiente para mantener la fresca, desde su lugar de producción hasta los laboratorios del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, México.

3.1.2. MATERIAL DE LABORATORIO

En los Cuadros 1, 2 y 3 se enlistan los equipos, materiales y reactivos utilizados para el desarrollo de la presente investigación.

Cuadro 1. Material de laboratorio utilizado durante el desarrollo del presente trabajo

Material de laboratorio	
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> tubos de ensaye <input checked="" type="checkbox"/> bureta <input checked="" type="checkbox"/> celdillas para espectrofotómetro <input checked="" type="checkbox"/> desecador <input checked="" type="checkbox"/> gradilla 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> micro pipeta <input checked="" type="checkbox"/> pinzas para crisol <input checked="" type="checkbox"/> probeta <input checked="" type="checkbox"/> puntillas para micro pipeta <input checked="" type="checkbox"/> recipientes de aluminio

<input checked="" type="checkbox"/> matraz bola fondo plano	<input checked="" type="checkbox"/> termómetro
<input checked="" type="checkbox"/> matraz de aforación	<input checked="" type="checkbox"/> baño de agua
<input checked="" type="checkbox"/> micro espátula	<input checked="" type="checkbox"/> vaso de precipitados
<input checked="" type="checkbox"/> crisoles	<input checked="" type="checkbox"/> pizeta
<input checked="" type="checkbox"/> soporte para bureta	

Cuadro 2. Reactivos utilizados durante el desarrollo de la presente investigación

Reactivos	
<input checked="" type="checkbox"/> Ácido gálico	<input checked="" type="checkbox"/> Hexano
<input checked="" type="checkbox"/> DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico)	<input checked="" type="checkbox"/> Indicador mixto
<input checked="" type="checkbox"/> Reactivo Folín	<input checked="" type="checkbox"/> Mezcla digestora
<input checked="" type="checkbox"/> Fructosa anhidrida	<input checked="" type="checkbox"/> Carbonato de Sodio (Na_2CO_4)
<input checked="" type="checkbox"/> Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	<input checked="" type="checkbox"/> Nitrito (Na_2NO_2)
<input checked="" type="checkbox"/> Ácido Bórico (H_3BO_3)	<input checked="" type="checkbox"/> Hidróxido de Sodio (NaOH)
	<input checked="" type="checkbox"/> Alfa-amilasa marca Sigma

Cuadro 3. Equipo de laboratorio necesario para el desarrollo de este trabajo

Equipo de laboratorio		
Equipo	Marca	Modelo
Balanza analítica	Ohaus	Adventurer
Manta de calentamiento	Electrohemal	M231820
Campana de extracción	Loster	
Digestor	Labconco	
Espectrofotómetro	Termo Electron Corporation	Genesys 10UV
Estufa	Quincy Lab	40 Lab Oven
MicroKjeldhal	Labconco	MCH 1-121-13
Nutribullet		Magic Bullet
Parrilla	Thermo Scientific	Cimaret

Refrigerador	IEM	RIC7U04
Congelador	Torrey	CH25
Soxhlet	Kimax Kimble	45/50 24/40
Vortex	Benchmark	BPR

3.1.3. MANEJO DEL MATERIAL BIOLÓGICO

Se tomó una porción del total de los frutos recolectados para ser descongelados: se llevó una temperatura de refrigeración de 10°C durante 24 horas para prevenir posibles degradaciones por choque térmico en el producto, logrando de esta manera, su descongelación total.

Se retiró la cáscara de cada uno de los frutos y el total obtenido de pulpa descongelada fue dividido en 5 porciones iguales para hacer los análisis en pulpa fresca y concentrada.

Luego de separada cada porción, se prosiguió a la molienda por separado de cada muestra en un procesador de doble aspa sin filo (Nutribullet) y se colocó de nuevo en los recipientes para obtener el total de masa después de molienda. En seguida se tomó una porción de cada muestra para hacer el concentrado.

3.1.3.1. OBTENCIÓN DE CONCENTRADO

Para obtener el concentrado, se tomó una porción de la molienda para cada repetición y se colocó en un recipiente metálico. Bien distribuido sobre el recipiente se dejó en la estufa a 60°C durante una hora con treinta minutos

3.2. ANÁLISIS REALIZADOS

3.2.1. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE ALFA-AMILASA.

Se utilizaron muestras de los mismos lotes de pulpa fresca y del concentrado de pitaya como se describe en el apartado “manejo de material biológico”. Antes de comenzar con la determinación se preparó la solución de alfa amilasa (marca Sigma) pesando 0.0015g de alfa amilasa aforado 10ml con agua destilada y

manteniendo por 10min en baño de agua a 25°C antes del análisis. La solución de almidón se preparó con un total de 0.103g de almidón aforados a 10mL con agua destilada. El ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) fue preparado colocando 8 g de hidróxido de sodio en 200 ml de agua destilada y añadiendo lentamente y agitando 150 g tartrato de sodio y potasio y con agua destilada se completó un volumen total de 400mL, posteriormente, se agregaron lentamente 5 g de DNS agitando hasta su completa disolución para luego aforar a 500mL.

La determinación se realizó de la siguiente manera para cada muestra en fresco y concentrada: en un tubo de ensaye se colocaron 100µl de la muestra a analizar, 100 µl de solución buffer con pH 7, 100 µl de alfa-amilasa que con anterioridad preparamos, 100 µl de almidón preparado con anticipación y se homogenizó. Después de haberse homogenizado se incubó la mezcla a 25°C por 30 minutos. Luego de esto, se añadieron 1000 µl de DNS y se homogenizó de nuevo en vortex. Se llevó a baño de agua en ebullición durante 5 minutos para luego llevarla a temperatura ambiente. Fueron añadidos 5.6 mL de agua destilada y se homogenizó por última vez. La absorbancia fue leída a 540nm y como blanco fue utilizada la solución buffer.

3.2.2. ANTIOXIDANTES

3.2.2.1. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

Para la determinación de fenoles totales las muestras fueron preparadas de la siguiente manera:

Para la muestra en fresco, se colocó un mililitro de muestra en una probeta y se llevó a volumen total de 10mL con agua destilada cada uno.

La preparación de las muestras con la pulpa concentrada se realizó pensando el producto y llevando a volumen total de 10mL.

A cada muestra de pitaya se le adicionaron 250µL de Folín al 10% se homogenizó y se reposó por 5 minutos, se le añadieron 1,250µL de carbonato de sodio al 20% y se reposó por 30 minutos, pasado ese tiempo se leyó la absorbancia a 760nm.

3.2.2.2 DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES

Para la determinación de flavonoides totales las muestras fueron preparadas de la siguiente manera:

Para la muestra en fresco, se colocó un mililitro de muestra en una probeta y se llevó a volumen total de 10mL con agua destilada cada uno.

La preparación de las muestras con la pulpa concentrada se realizó pensando el producto y llevando a volumen total de 10mL.

Se tomó 1mL de muestra (en fresco y concentrada) en tubos de ensaye, se agregaron 1,250 μ L de agua destilada y 75 μ L de nitrito de sodio (al 5%). Se dejó reposar por 5 minutos. Pasado ese tiempo se adicionaron 150 μ L de cloruro de aluminio al 10% y se dejó reposar por 5 minutos. Fueron agregados 500 μ L de hidróxido de sodio al 1M y 25 μ L de agua destilada para luego leer la absorbancia a 510 nm.

3.2.2.3. DETERMINACIÓN DE FRUCTOSA

Para medir el contenido de fructosa se utilizó el método espectro métrico utilizando como blanco agua destilada. La preparación de la muestra se realizó de la siguiente manera: se tomó un volumen de 1mL de muestra (para fresca y concentrada) en una probeta, y se llevó a volumen de dilución por 10 veces. De la solución obtenida se tomaron 1000 μ L de muestra y se le añadieron 1000 μ L de DNS. Se llevó a baño de agua hirviendo por 5 minutos. Se dejó reposar hasta que tomara temperatura ambiente. Después se agregaron 5.6mL de agua destilada, se homogenizó y leyó la absorbancia a 540nm.

3.2.3. CARACTERIZACIÓN BROMATÓLOGICA

3.2.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL

Para calcular la humedad total de la pulpa de pitaya en fresco y concentrada se realizó por método de diferencia de peso.

Se colocaron los recipientes de aluminio con la muestra dentro de la estufa de secado durante tres días a 60°C. Pasado ese tiempo se retiraron y se colocaron

en un desecador durante 15 minutos para llevar a temperatura ambiente y se pesaron los recipientes con la muestra en una balanza analítica.

3.2.3.2 DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

La determinación de cenizas se realizó por el método de diferencia de peso. Se colocaron los crisoles en estufa a 60°C durante 2 horas hasta lograr peso constante, después se colocó en ellos cada repetición de muestra (fresca y concentrada), se introdujeron directamente a la mufla y se calcinaron por 2.5 horas a 550°C.

3.2.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL

Para la determinación de grasa total, se realizó el método Soxhlet. Para esto se tomaron 0.01g de muestra previamente secada (fresco y concentrado). Así mismo, se pesaron cada uno de los matraces con cuatro perlas de cristal cada uno, para poder obtener la diferencia de peso.

Después se colocó la cada muestra en un cartucho de celulosa y se introdujo al tubo sifón. Se agregaron 120mL de hexano para la extracción de grasa y se dejó correr la prueba por 6 horas para cada repetición.

3.2.3.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

De los mismos lotes de la pulpa fresca y del concentrado, se pesaron 0.01g de muestra por cada repetición de fresco y concentrado. Se colocaron las muestras en un cartucho de celulosa y estos en un matraz Kjeldahl. Dentro del matraz se agregaron 40ml de mezcla digestora y se llevaron a la parrilla de calentamiento para digerirlos hasta que se notara un líquido con tonalidades verdosas. Después de esto, se llevaron al micro destilador, se dejó caer la muestra por la entrada del micro destilador y 30ml de NaOH al 50%. En el vaso receptor del destilado se colocaron 30ml de H₃BO₂ al 2.2% y tres gotas de indicador mixto. Cuando se hubieron recuperado un volumen total de 60ml se vació el destilado a un matraz Erlenmeyer para ser titulado con H₂SO₄ al 0.025 Normal.

3.2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron con el paquete estadístico MiniTAB para Windows versión 16.0. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un diseño completamente al azar y una prueba de medias por el método de Tukey, en variables con distribución normal. En todos los casos las diferencias se consideraron significativas para un valor de $p < 0.05$.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE ALFA-AMILASA

Después de haber analizado los datos se encontró que el índice promedio de inhibición de actividad enzimática de alfa-amilasa generado por la pulpa fresca fue de 56.52%. Esto sugiere, que la pulpa puede reducir a la mitad la ruptura de los enlaces alfa (1,4) de los carbohidratos tales como maltosa, sacarosa, almidones etcétera, por actividad enzimática.

El potencial de inhibición de la actividad enzimática retrasará la degradación de polisacáridos y de oligosacáridos que a su vez causará un decremento en glucosa libre (Arumugam, A. y Col., 2014). La inhibición de la actividad enzimática de alfa-amilasa tiene efectos benéficos sobre la resistencia a la insulina y el control del índice glucémico en las personas con diabetes puesto que reducirá la glucosa libre y la absorción de ésta hacia el torrente sanguíneo. (Nizam, M. y Col., 2014).

El índice de inhibición de la actividad se encuentra cercano al reportado por Arumugam, A. y colaboradores en el 2014 para *Citrus hystrix* y *C. máxima*, el cual se encontró en un rango de 75.55 y 79.75% siendo mayor la *Citrus maxima* roja.

Así lo reportado por Nizam, M. y colaboradores en 2014 con un 63% de inhibición de alfa-amilasa en la *P. nítida*, se encuentra más cercano a lo obtenido en la pulpa fresca de *P. grandis*.

En el caso del concentrado, presenta valores negativos para todas las repeticiones del tratamiento, con lo que se deduce que la inhibición de alfa-amilasa es nula. La

explicación por la cual la inhibición de la alfa-amilasa es inexistente en el concentrado, puede ser por el tratamiento térmico al que fue sometido (60°C por 1.5 horas).

4.2. ANTIOXIDANTES

4.2.1. DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

De acuerdo al análisis de varianza realizado no se encontró diferencia significativa en la concentración de fenoles para ambos tratamientos y fue corroborada con la prueba de Tukey (Anexo 1), lo anterior se muestra en la Figura 1.

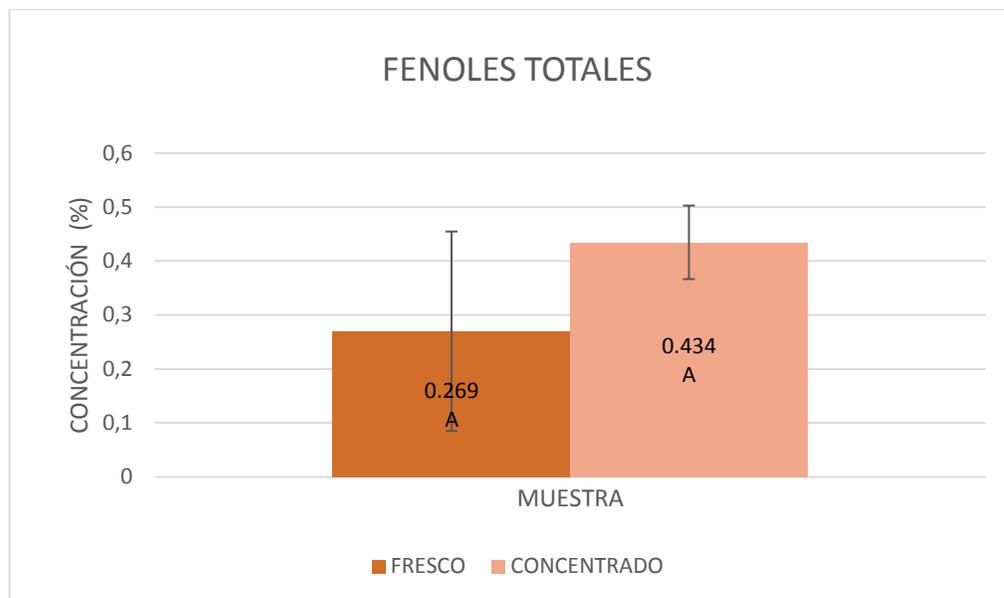


Figura1. Comparativo entre muestras de concentración promedio de fenoles

Los datos de la Figura 2 muestran que no existe diferencia entre tratamientos por lo que el sometimiento al calor a la pulpa no afecta estadísticamente el contenido de fenoles totales en su composición, por tanto el método de concentración por calor es un método viable para preservar el contenido fenólico de la pitaya. Sin embargo, el incremento numérico en concentración de fenoles es casi el doble en la pulpa concentrada que en la pulpa fresca debido a la reducción de agua en uno de los tratamientos.

En el 2006 Zapata, P. y colaboradores reportaron el contenido de fenoles de algunas frutas típicas en la dieta mediterránea en el cual muestran que la pera

contiene un 0.01113% de fenoles, 0.06003% en pomelo, la uva con un contenido 0.06142%, siendo el más alto contenido de fenoles en la fresa con su 0.094%; todos estos frutos en fresco. Estos contenidos no se acercan al promedio de 0.269% en la pulpa fresca de pitaya. Sin embargo Kuskuski, M. y colaboradores han reportado valores que van desde los 0.5801% y 0.5449% para la acerola y el mango (frutas comunes en Brasil), respectivamente, lo que coloca al producto evaluado en esta investigación en una posición media en cuanto a contenido de fenoles, sin embargo, el aporte fenólico sigue siendo importante y notable.

Ayala-Camarillo, K. y colaboradores (2013) reportan contenidos de fenoles totales que van desde 0.240% a los 0.335% en frutos frescos de tres distintas variedades de pitaya *Stenocereus griseus* H. lo que concuerda con los valores que se obtuvieron para la *P. grandis*.

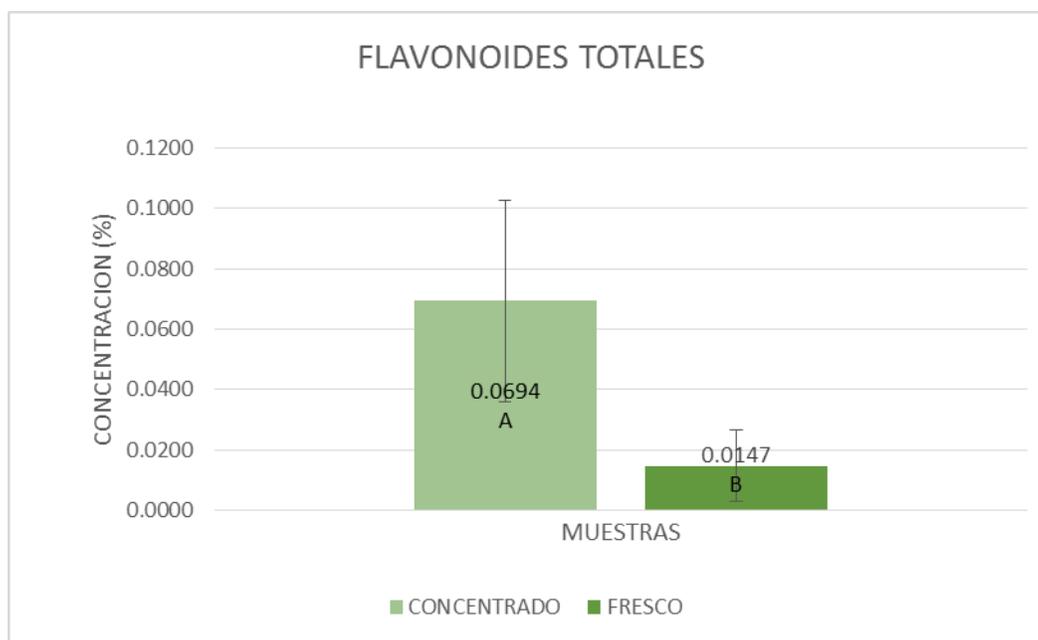
En la investigación realizada por Moreno, E., 2015, en *P. grandis*; muestra una concentración diferente a la obtenida en este estudio: 0.014% en pulpa fresca y 0.0078% en la pulpa concentrada. Sin embargo, los niveles de contenido de fenoles varían considerablemente entre cultivos de la misma especie. La presencia de estos compuestos en las plantas está ampliamente influenciado por el grado de maduración, el procesamiento y el almacenaje, entre otros (Recalde, A., 2007)

En el caso del contenido total de fenoles en la pulpa concentrada, el aumento numérico total puede ser influencia de la disminución de agua (Desrosier, N., 1987).

4.2.2. DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDEOS TOTALES

La Figura 2 muestra el promedio de concentración de flavonoides de pulpa fresca y concentrada de pitaya.

Los análisis estadísticos aplicados a los datos arrojados por la prueba de flavonoides totales, muestran una diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos. Esto puede observarse en el anexo 2 donde la media aritmética más alta la obtiene el concentrado de pitaya, esto debido a la aplicación de calor (60°C por 1.5horas), lo que hizo que el contenido de flavonoides aumentara en un 64.28% en comparación con la pulpa fresca.



Los resultados anteriores comparados con los rep

Figura 2. Comparativo de valores medios de flavonoides totales.

rtados por Moreno, E., 2015, difieren un tanto numéricamente pues para la misma variedad de pitaya los resultados son de 0.122% y 0.211% para la pulpa fresca y concentrada, respectivamente. La disminución del contenido de flavonoides puede deberse a una hidrólisis de flavonoides, pues es común que esto pueda llevarse a cabo en medio ácido, alcalino o por vía enzimática, dando lugar a otros compuestos (Recalde, A., 2007).

Según Desrosier, N., 1987, asegura que una disminución de la actividad acuosa en el alimento provocará una concentración de sus componentes, con esa aseveración puede darse explicación de la elevación en la concentración de flavonoides en la pulpa concentrada, pues numéricamente, es casi 5 veces más alta la concentración en la pulpa concentrada que en la pulpa fresca.

4.2.3. DETERMINACIÓN DE FRUCTOSA

Los resultados de la prueba de fructosa total son mostrados a continuación en la Figura 3, donde se comparan los promedios obtenidos para las muestras fresca y concentrada. Estos fueron los resultados de un ANOVA para determinación de significancia y una prueba de Tukey para su corroboración (Anexo 3).

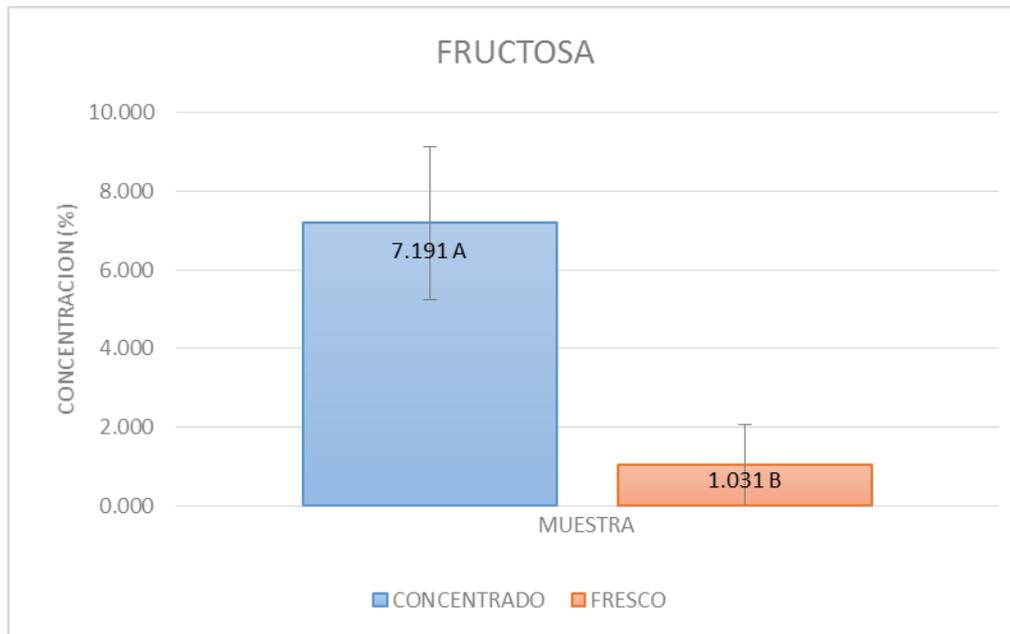


Figura 3. Comparativo de concentración promedio de fructosa

Los resultados arrojados por los estadísticos realizados muestran una diferencia significativa entre tratamientos donde el concentrado se encuentra 84.24% por encima de la pulpa fresca en cuanto contenido de fructosa.

El alza significativa en concentración de fructosa en el concentrado comparado con la pulpa fresca, se debe a la aplicación de calor (60°C por 1.5 horas) para eliminación parcial de su actividad de agua, lo que repercutió en una concentración del componente analizado (Desrosier, N., 1987).

El valor obtenido para la pulpa concentrada de *P. grandis*, es muy similar al reportado por Moreno, E., 2015, de un 7.306% de fructosa también en *P. grandis*. Sin embargo en el mismo estudio se reporta un 4.08% en la pulpa fresca de la misma pitaya lo que difiere numéricamente con lo encontrado en este estudio. Lo anterior puede deberse a una distinta distribución de nutrientes en la misma variedad de fruto analizado pero de diferente lote (FAO, 1990).

4.3. CARACTERIZACIÓN BROMATOLÓGICA

4.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD TOTAL

Después de realizar el análisis de varianza (Anexo 4), se encontró diferencia estadística entre tratamientos lo que se corroboró a través del método de Tukey. El Cuadro 4 muestra el porcentaje de humedad promedio obtenido para la muestra en fresco y en concentrado.

Cuadro 4. Contenido promedio porcentual de humedad

HUMEDAD (%)	
Fresco	Concentrado
86 ^A	63 ^B

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa

La razón de la significancia obtenida es el tratamiento térmico realizado (60°C por 1.5 horas) para obtener el concentrado, esto es, la reducción de su actividad de agua.

Los resultados mostrados con anterioridad muestran un alto contenido de humedad en la pulpa fresca y en el concentrado. De acuerdo a Ayala y colaboradores (2007), el contenido promedio de humedad en la pitahaya (derivación fonética de pitaya proveniente de la lengua Quechúa; Arriaga y Col.2015), se encuentra entre 83 y 87% en la parte comestible para la variedad *Stenocereus griseus* H.

Los resultados que se muestran de la parte comestible del fruto en estudio se encuentran dentro de los rangos reportados por la literatura en la pulpa fresca. No así el concentrado al que se le eliminó parte de su humedad motivo por el cual presenta contenido inferior (Desrosier, N., 1987).

4.3.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS TOTALES

En el Cuadro 5 se presenta el valor porcentual del contenido de cenizas promedio para la pulpa fresca y el concentrado de pitaya. A los valores obtenidos de 5 repeticiones por cada tratamiento, se les realizó un análisis de varianza y se

comprobaron los resultados por la prueba de medias por el método de Tukey (Anexo 5).

Cuadro 5. Porcentaje promedio de Cenizas totales en la pulpa fresca y concentrado

Cenizas (%)		
Fresco		Concentrado
5^B		9.6^A

Letras diferentes indican diferencia estadísticamente significativa

Como se observa en el cuadro anterior, las muestras presentan un contenido de cenizas que oscila entre los 5 y 10 g de ceniza por cada 100 g de muestra. Estos datos presentan diferencia estadísticamente significativa luego de realizados los análisis estadísticos mencionados.

El aumento en el contenido de cenizas es debido a la concentración por tratamiento térmico realizado a 60°C por 1.5 horas, provocando que la actividad de agua disminuya y que el contenido de sólidos totales aumente, lo que conlleva a que se concentren los compuestos inorgánicos, que son los que se convierten en cenizas al realizar la incineración (Desrosier, N., 1987).

Los resultados encontrados difieren de lo reportado por Díaz, J. en 2004, en el libro “Descubre los frutos exóticos” donde reporta un contenido de 0.4g de cenizas en la variedad *Hylocereus triangularis britt*. La diferencia encontrada en la cantidad de cenizas en la *Pachycereus grandis*, podría tener su motivo en la variedad y las condiciones de cultivo, ya que pudo haber sido cultivado en un suelo más rico en minerales, por tal, es diferente a lo reportado por otras entidades incluso mexicanas como SAGARPA que muestra un total de 0.5g de cenizas por cada 100g de muestra de la variedad *Hylocereus* spp.

4.3.3. DETERMINACIÓN DE GRASA TOTAL

Cuadro 6. Grasa total: media porcentual de las muestras fresca y concentrada

GRASA TOTAL (%)		
Fresco		Concentrado
44^A		43^A

Letras iguales indican que no existe diferencia estadísticamente significativa

Las medias porcentuales del contenido de grasa que se muestran en el Cuadro 6 fueron obtenidas por un análisis de varianza completamente al azar para luego ser revalidado mediante la prueba de Tukey (Anexo 6).

Las pruebas realizadas para determinar significancia arrojan que no existe tal. Con lo anterior se puede observar que los compuestos lipídicos se conservaron a pesar del tratamiento térmico aplicado a la pulpa para obtener el concentrado de pitaya.

Los valores encontrados por Arriaga Ruiz y colaboradores (2015), muestran un contenido lipídico oscilante entre el 13 y 24% de la variedad *Stenocereus queretaroensis*. Los resultados sugieren una riqueza en lípidos en toda la pulpa y semillas del fruto en estudio. Según las recomendaciones de ingesta diaria de la European Food Information Council (2007), un individuo con una ingesta de 2,000 Kcal por día, debe consumir no más de 70g/día de grasas, esto es 162.7g de pulpa fresca para completar su requerimiento diario de lípidos.

Por lo anterior, se puede recomendar a la pitaya *Pachycereus grandis* como fuente para la obtención de lípidos y completar el requerimiento diario necesario para cada persona.

4.3.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA

A continuación, en el Cuadro 7, se muestran los valores promedio en porcentaje, obtenidos en la determinación de proteína.

Cuadro 7. Media porcentual de Contenido de proteína para cada tratamiento

CONTENIDO DE PROTEÍNA TOTAL (%)		
Fresco		Concentrado
24 ^A		28 ^A

Letras iguales indican que no existe diferencia estadísticamente significativa

Los análisis estadísticos realizados (Anexo 7) muestran que no hay diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos (nótese que sí existe una diferencia de 4 puntos porcentual entre tratamientos, siendo el más alto en cuanto

a proteína, la pulpa concentrada). Esto puede ser explicado debido a la concentración de la pulpa que incrementa su contenido de proteínas.

Los valores presentados con anterioridad son por mucho más altos que los encontrados por Arriaga y colaboradores en 2015 ya que en su estudio muestran una concentración de 0.15 y 0.37 g de proteína por cada 100 g de pulpa, lo que representa una importante aportación proteica de la *Pachycereus grandis* al consumo diario recomendado por la OMS en 1985 que es de 47-55g/día, es decir que consumir 100g de pulpa de pitaya equivale a consumir 110g de pollo sin piel. (CINCAP, 2010).

La Figura 4 presenta una vista general de los análisis realizados, comparando el promedio de cada componente presente en la pulpa fresca contra la pulpa concentrada.

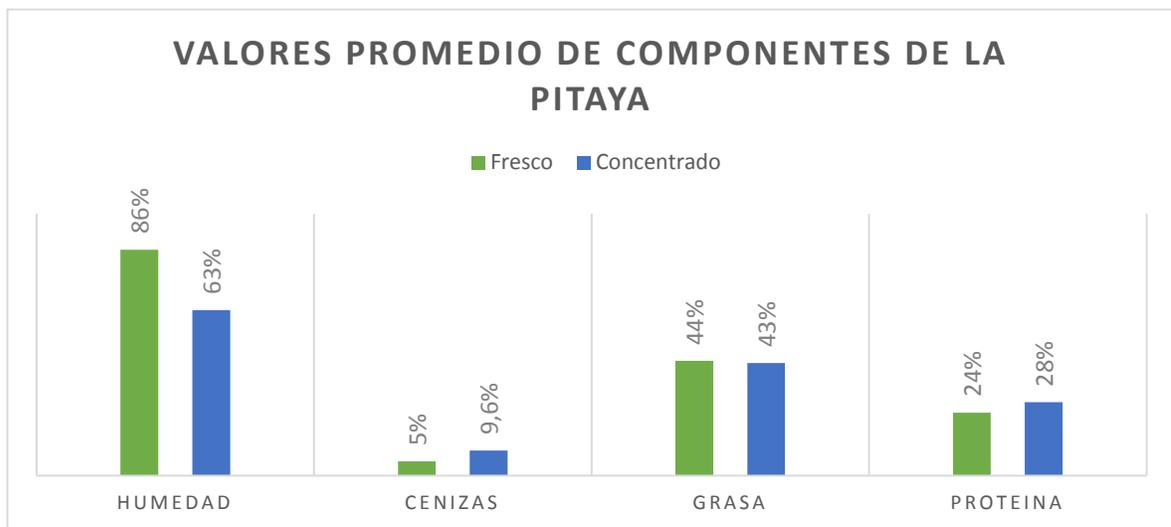


Figura 4. Comparativo de valores porcentuales promedio de los análisis realizados entre la pulpa fresca y el concentrado

Según los valores obtenidos en los análisis realizados, el consumo de 100 g de pulpa fresca o concentrada será igual a consumir 100 g de salmón para obtener la misma cantidad de proteínas (USDA, 2016). Así, consumir los mismos 100 gramos de pulpa fresca o concentrada aportará la misma cantidad de grasa que consumir 100 g de avellanos españoles (Monfort, J.M. y col, 1995) Con respecto a las

cenizas, los resultados mostrados por cada 100 g de pitaya son similares a los que se obtiene si se analiza 200 g de amaranto (Contreras, E. y Col., 2011).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados presentados, se considera que, *In vitro*, el efecto de pulpa fresca de pitaya (*Pachycereus grandis*), disminuye el contenido de glucosa libre, mientras que en la concentrada esto no sucede lo que se acuña al tratamiento térmico al que fue sometido para la disminución de actividad acuosa.

Por otro lado, el contenido de sustancias antioxidantes sí se incrementa en la pupa concentrada, por lo que la aplicación de calor no afecta el contenido de antioxidantes puesto que las sustancias que no aumentan su contenido, se mantienen constantes.

Los contenidos bromatológicos no se demeritan en la pulpa concentrada por lo que se considera que la aplicación de un tratamiento térmico a 60°C por 1.5, no afecta el contenido de componentes químicos de la pitaya *P. grandis* por lo que una concentración por medio de calor podría ser viable para conservar sus características bromatológicas.

Por lo anterior, se acepta parcialmente la hipótesis planteada al principio de la presente investigación, dado que el concentrado sí aumentó el contenido de sustancias antioxidantes, en comparación con la pulpa fresca. Por el contrario, el concentrado disminuyó la capacidad de inhibición de actividad enzimática de alfa-amilasa.

CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES

Se considera a la pulpa fresca de pitaya, una alternativa para incluir a la dieta de la persona hiperglucémica para reducir la disponibilidad de glucosa libre en su sistema y por tanto, el decremento en la absorción de ésta al torrente sanguíneo.

Es necesario buscar un método distinto para la concentración de la pulpa de pitaya puesto que la concentración por aplicación de calor no es viable para mantener ni aumentar el índice de inhibición de actividad enzimática de alfa-amilasa. Por lo que se necesitara caracterizar a los compuestos hipoglucemiantes existentes en la pitaya para poder determinar el método eficaz y rentable para la concentración de la parte comestible y garantizar una vida de anaquel larga y la disponibilidad en el mercado.

La identificación de compuestos antioxidantes tales como fenoles y flavonoides podría repercutir en un mejor manejo del producto así como el aprovechamiento máximo que pudiera obtenerse.

La promoción del consumo en fresco para lugares donde este fruto se encuentra disponible puede representar una oportunidad de mejor calidad de vida para el paciente con índices de glucosa altos, esto debido al desconocimiento de las propiedades nutracéuticas de este fruto.

CAPÍTULO VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, M. S. 1997. Distribución general. En: CONABIO, SEMARNAP, UNAM y CUCC. Suculentas mexicanas Cactáceas. CVS Publicaciones. México. Pp. 17-25
- Arumungam, A., Gunasekaran, N., Perumal, S. 2014. *In vitro* antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from *Citrus hystrix* and *C. maxima* fruits. *Food Science and Human wellness. Vol. 3. Pag: 16-25*
- Ayala, K., Beltrán, M.C. (2007). *Caracterización de frutos de pitaya Stenocereus griseus H.* Memorias: XII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería (Online). Universidad de Guanajuato. [fecha de acceso: Mayo 2016]. Disponible en: http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/morelia07/TRABAJOS/Area_III/Carteles/CIII-11.pdf
- Ayala-Camarillo, K., Gallardo-Velázquez, T., Beltrán-Orozco, C. 2013. Determinación del contenido de fenoles totales y de la capacidad antioxidante de tres especies del fruto de la pitaya (*Stenocereus griseus* H.). V congreso nacional de ingeniería bioquímica (online). [fecha de acceso: mayo 2016] disponible en: <http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/chiapas/cd/Alimentos/Extensos/461182.pdf>
- Bedascarrasbure, E, Maldonado, L, Álvarez, A, Rodríguez, E. 2004. Contenido de fenoles y flavonoides del propóleos argentino. *Acta farmacéutica bonaerense. Vol. 23. Pag: 369-372.*
- Bracco, U, Loliger, J., y Viret, J.L. 1981. Production and use of natural antioxidants. *Oil chemistry. Pag: 669*
- Bravo-Hollis, H. y Sánchez-Mejorada H. 1991a. Las cactáceas de México 2ª. ed. Vols. 2. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Campos-Rojas, E., Pinedo-Espinoza, J.M., Campos-Montiel, G., Hernández-Fuentes, A. 2011. Evaluación de plantas de pitaya (*Stenocereus* spp) de poblaciones naturales de Monte Escobedo, Zacatecas. *Revista*

Chapingo Ser. Hortic (Online). Vol. 17. No. 3. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027-152X2011000300009&script=sci_arttext

- Cantú, J.E. 1989. *Apuntes de Bromatología*. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Cartaya, O, Reynaldo, I. 2001. Flavonoides: características químicas y aplicaciones. *Cultivos tropicales (Online)*. Vol. 22. Pag: 5-14. [fecha de acceso: abril 2016]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193215009001.pdf>
- CINCAP. 2016. *¿Cuántas calorías aporta una porción de pollo? ¿Cuánta grasa tiene?* (Online). [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://www.cincap.com.ar/informacion_nutricional.php
- Contreras, C. 1998. Actividad hipoglucemiante de *Lepechinia caulescens*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa
- Contreras, E., Jaimez, J., y Soto, C. 2011. Aumento del contenido proteico de una bebida a base de amaranto (*Amaranthus ypochochrysiacus*). *Revista chilena de nutrición (Online)*. Vol. 38. No. 3. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182011000300008
- Cruz-Arriaga, M., Pimienta, E., Neri, C., Avendaño, A., Sánchez, J., Arellano L.J., Padilla, J.M., Acero, J., Jiménez, C., López, D., Rodríguez, E. (2015). *La pitaya silvestre (Stenocereus queretaroensis) una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica*. Memorias: XII encuentro participación de la mujer en la ciencia [online]. Centro de Investigaciones en Óptica, A.C. [Fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://congresos.cio.mx/memorias_congreso_mujer/archivos/extensos/sesion1/S1-BCA07.pdf
- Damodaran, S., Parkin, K., Fennema, O. 2008. Química de los alimentos. 3ª edición. Editorial ACRIBIA, S.A.: Zaragoza, España.
- Díaz, J. 2004. *Descubre los frutos exóticos* [Online]. [fecha de acceso: mayo 2016]. Madrid, ediciones Norma-Capitel. Disponible en:

<https://books.google.com.mx/books?id=DFI1ZhGk614C&pg=PA101&lpg=PA101&dq=cenizas+en+pitaya&source=bl&ots=nloYitZG8k&sig=QfJVRoMF MjTi0mzu8YMaAzDTMts&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwivulSYvtPMAhUW02 MKHQKYDcsQ6AEILjAE#v=onepage&q=cenizas%20en%20pitaya&f=false>

- El Seminario, (2013). INEGI lanza estadísticas sobre la diabetes. [online] [fecha de acceso: 1 May 2016]. Disponible en: <http://elsemanario.com/753/inegi-lanza-estadisticas-sobre-la-diabetes>
- Eufic. (2007). En qué consisten las Cantidades Diarias Orientativas (EUFIC). (online). *European Food Information Council*. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://www.eufic.org/article/es/artid/En_que_consisten_las_Cantidades_Diarias_Orientativas/
- FAO. 1990. Utilización de alimentos tropicales (online). FAO Roma (editor). Food and Agriculture org.: Roma. [fecha de acceso: mayo 2016] disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=O-sUZiFTKJQC&dq=distribucion+de+nutrientes+en+alimentos&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- FAO. 2016. MANUAL DE TECNICAS PARA LABORATORIO DE NUTRICION DE PECES Y CRUSTACEOS. *Depósito de documentos de la FAO*. [online]. [Fecha de acceso: febrero 2016]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab489s/ab489s03.htm>
- Ganong, W.F. 1995. Review of Medical Physiology. Section V. Gastrointestinal Function. 12a ed. Lange Medical Publications.
- García, E, Fernández I. 2016. *Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl. Valoración de un ácido fuerte* (Online). Universidad Politécnica de Valencia. [fecha de acceso: enero 2016]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/16338>
- García-Luna, P.P. y López Gallardo, G., 2007. Evaluación de absorción y metabolismo intestinal. *Nutrición Hospitalaria*. Vol. 22. Pag: 5-13.
- INEGI, 2013. Causas de defunción. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía* (Online). [fecha de acceso: mayo de 2016]. Disponible

en:

[http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo107&s=est
&c=23587](http://www3.inegi.org.mx/sistemas/sisept/Default.aspx?t=mdemo107&s=est&c=23587)

- Jacobo, S. 2014. Comparación de sustancias hipoglucémicas presentes en pitaya roja (*Pachycereus grandis*), congelada y refrigerada, expuesta a una concentración a altas temperaturas por dos métodos diferentes. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Jiménez, A. 2001. Efecto hipoglucémico de dos extractos orgánicos y un extracto acuoso obtenidos a partir de la raíz de *Cacalia decomposita*. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana, unidad Iztapalapa.
- Johnston, R., Stephenson, M., Crossland, H., Cordon, S., Palcidi, E., Cox, E., Taylor, M., Aithal, G. and Macdonald, I. 2013. No Difference between High-Fructose and High-Glucose Diets on Liver Triacylglycerol or Biochemistry in Healthy Overweight Men. *Gastroenterology* (online). Vol.145. No.5, [fecha de acceso: febrero 2016]. Pag: 1016-1025. Disponible en: http://www.eufic.org/article/es/artid/La_fructosa_y_la_salud_metabolica/
- Kronenberg, H, Melmed, S, Polonsky, K, Larsen, P. 2009. *Williams Tratado de Endocrinología. 11ª edición. Elsevier*
- Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancine-Filho, J., Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciènc. Tecnol. Aliment., Campinas* (online). Vol 25. No. 4. Pag: 726-732. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27642.pdf
- Lezama, A., Tapia, A.E., Muñoz, G. y Zepeda, V.J. 2016. *Cultivo de la pitahaya* (Online). [fecha de acceso: mayo 2016]. FIRCO-PUEBLA. Puebla, México. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/EI%20cultivo%20de%20la%20Pitahaya.pdf>
- Liaotrakoo, W., De Clercq, N., Hoed, V.V., Dewettinck, K. 2013. Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) Seed Oils: Their Characterization and Stability under Storage Conditions. *Journal of the American Oil Chemists Society* (Online).

Vol. 90. Pag: 2017-2015. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://rp3ht4sw7p.search.serialssolutions.com.etechnology.idm.oclc.org/?ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info%3Aofi%2Fenc%3AUTF-8&rft_id=info:sid/summon.serialssolutions.com&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:journal&rft.genre=article&rft.atitle=Dragon+fruit+%28Hylocereus+spp.%29+seed+oils%3A+Their+characterization+and+stability+under+storage+conditions&rft.jtitle=JAOCS%2C+Journal+of+the+American+Oil+Chemists%27+Society&rft.au=Liaotrakoon%2C+Wijitra&rft.au=De+Clercq%2C+Nathalie&rft.au=Van+Hoed%2C+Vera&rft.au=Dewettinck%2C+Koen&rft.date=2013&rft.issn=0003-021X&rft.eissn=1558-9331&rft.volume=90&rft.issue=2&rft.spage=207&rft.epage=215&rft_id=info:doi/10.1007%2Fs11746-012-2151-6&rft.externalDBID=n%2Fa&rft.externalDocID=52235016¶mdict=es-ES

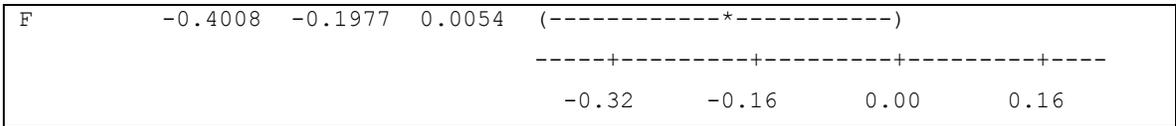
- López, C, Ávalos, MI. 2013. Towards the social perspective-oriented analysis of diabetes mellitus. *Revista cubana de salud pública* (Online). Vol. 39 n.2. [fecha de acceso: abril 2016]. Disponible en: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662013000200013
- Mandal, A. (2009). Historia de la Diabetes. News-Medical [online].[fecha de acceso: Mayo 2016].disponible en: [http://www.news-medical.net/health/History-of-Diabetes-\(Spanish\).aspx](http://www.news-medical.net/health/History-of-Diabetes-(Spanish).aspx)
- Martínez-Flores, S, González-Gallego, J, Culebras, J, Tuñón, M. 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición hospitalaria* (Online). Vol. 17. Pag: 271-278. [fecha de acceso: abril 2016] disponible en: <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3338.pdf>
- Medina, R. 2012. Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. *Fascículo 95. Cactaceae* (online). Universidad Nacional Autónoma de México, México DF. Fecha de acceso: abril de 2016. Disponible en: http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/F95.pdf
- Meráz, M.R., Gómez, M.A. y Schwentesius R. 2003. "Pitahaya de México-producción y comercialización en el contexto internacional" en Flores, C.

editor del texto *Pitayas y Pitahayas (Online)*. CUESTAAM, Universidad Autónoma Chapingo. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: http://ritaschwentesius.mx/publicaciones/Sistema-Productos/Pitaya_y_Pitahaya.pdf

- Monfort, J.M., Romero, A., Plana, J., López, A., García, J., Guerrero, L., Boatella, J. y Parcerisa, J., (1995). Caracterización de la avellana producida en España. Evaluación y mejora de la tecnología actual de conservación y tostado (Online). Centro “Mas Bové”. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: www.inia.es/gcontrec/Proyectos/Resultados96/sc94-021.pdf
- Nizam, U., Rakib, H., Monir H., Arjyabrata S., Nazmul, H., Mahmudul, I., Motaher, C., Sohel, R. 2014. *In vitro* α -amylase inhibitory activity an *in vitro* hypoglycemic effect methanol extract of *Citrus macroptera* Montr. Fruit. *Asian pacific journal of tropical biomedicine*. Vol. 4. No. 6. Pag. 473-279
- OMS, 2015. Nota descriptiva No 312. *Organización Mundial de la Salud, centro de prensa* (Online). [fecha de acceso: mayo 2016). Disponible en: https://www.intec.edu.do/downloads/pdf/biblioteca/004-biblioteca_harvard_estilo.pdf
- Recalde, A., 2007. Tipo de fermentación, en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao (online). Tesis doctoral. Universidad Central del Ecuador. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: https://books.google.com.mx/books?id=-YIzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Ramírez, M. 2015. Elaboración de una bebida con potencial hipoglucemiante a partir de nopal y tuna blanca (*Opuntia ficus-indica*). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Ross JA y Kasum CM. 2002. Dietary flavonoids: Bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr* (Online), vol. 22. pag19-34. [fecha de acceso: mayo 2016). Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12055336>

- Sánchez, O., Salazar, A. Y., Santiago, M. P., Ramírez, J. 2012. *Caracterización fisicoquímica de la pitaya* (Online). Universidad Tecnológica de la Mixteca. [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: <http://promep.sep.gob.mx/ARCHIVOSPDF/Informes/Producto1572353.PDF>
- Sánchez-Mejorada, H. 1978. *Las cactáceas de México*. Vol. 1. 2ª ed. México DF. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sevilla-Asencio, O, Dublán-García, O, Gómez-Oliván, LM, López-Martínez, LX. 2013. Actividad inhibitoria sobre α -amilasa de extractos acuosos de algunas especias utilizadas en la cocina mexicana. *Ciencia UAT*. Jul-Dic 2013, pag: 42-47 [fecha de acceso: abril 2016]. Disponible en: <http://intranet.uat.edu.mx/cienciauat/Lists/noticiasciencia2/Attachments/310/Actividad%20inhibitoria%20sobre%20glucosidasa%20%20y%20amilasa%20en%20extractos%20cocina%20mexicana.pdf>
- Tadeo, J. 2016. *Laboratorio de química analítica e instrumental* (Online). Universidad de Bogotá. [fecha de acceso: enero 2016]. Disponible en: http://avalon.utadeo.edu.co/comunidades/estudiantes/ciencias_basicas/analitica_instrumental/guia_2_1.pdf
- UAEM. *Fisiología gastrointestinal I*. Facultad de medicina, UAEM (Online). [fecha de acceso: mayo, 2016]. Disponible en: <http://www.med.unne.edu.ar/catedras/bioquimica/glucemia.html>
- UNAM. 2007. Determinación de cenizas. *Fundamentos y técnicas de análisis de alimentos* [Online]. [fecha de acceso: enero 2016]. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf
- Universidad de Chile. 2011. Secreciones del tubo digestivo. Biblioteca Digital de la Universidad de Chile, Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas, SISIB (Online). [fecha de acceso: abril, 2016]. Disponible en: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmacuticas/steinera/parte06/03a.html

- Universidad Nacional de Catamarca. 2016. Actividad Acuosa y alimentos. [online]. [fecha de acceso: mayo 2016]. disponible en: http://www.academia.edu/14058853/Actividad_Acuosa_y_alimentos
- USDA. 2016. National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 (online). [fecha de acceso: mayo 2016]. Disponible en: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/4714?fgcd=&manu=&lfacet=&format=&count=&max=35&offset=&sort=&qlookup=15236>
- Vázquez, O. 1994. Extracción de coagulantes naturales del nopal y aplicación en la clarificación de aguas superficiales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Tesis de Maestría.
- Zapata, p., Valverde, J.M., Guillén, F., Bailén, G., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M. 2007. Actividad antioxidante en diferentes frutos habituales en la dieta mediterránea. *Horticom news* (Online). Pag: 259-262. Disponible en: <http://www.informatica.sip.ipn.mx/colmex/congresos/chiapas/cd/Alimentos/Extensos/461182.pdf>



Anexo 2: Análisis estadístico para flavonoides

-ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
muestras	1	0.010768	0.010768	17.20	0.003
Error	8	0.005010	0.000626		
Total	9	0.015778			

S = 0.02502 R-Sq = 68.25% R-Sq(adj) = 64.28%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
C	5	0.08324	0.03334		
F	5	0.01761	0.01186		

Pooled StDev = 0.02502

-Prueba de Tukey

muestras	N	Mean	Grouping
C	5	0.08324	A
F	5	0.01761	B

Means that do not share a letter are significantly different.

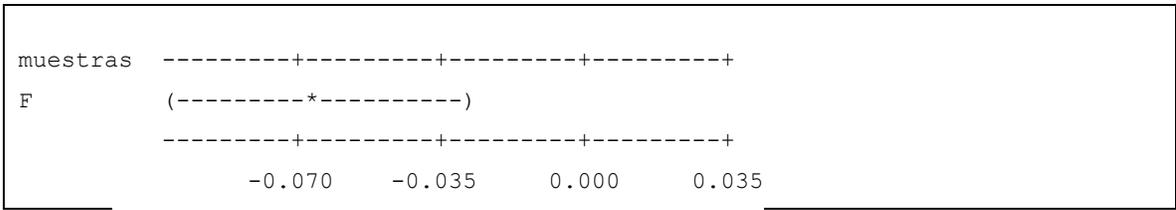
Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of muestras

Individual confidence level = 95.00%

muestras = C subtracted from:

muestras	Lower	Center	Upper
F	-0.10213	-0.06563	-0.02913



Anexo 3: Análisis estadístico para fructosa

-ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
muestras	1	94.86	94.86	49.09	0.000
Error	8	15.46	1.93		
Total	9	110.32			

S = 1.390 R-Sq = 85.99% R-Sq(adj) = 84.24%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
C	5	7.191	1.949	4.191	10.191
F	5	1.031	0.257	0.517	1.545

Pooled StDev = 1.390

-Prueba de Tukey

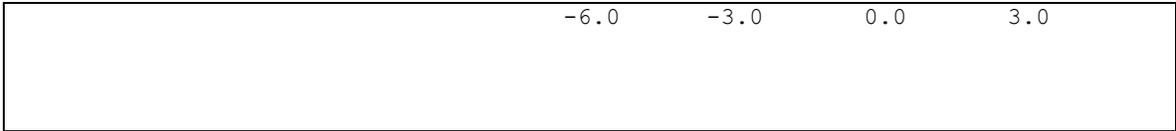
muestras	N	Mean	Grouping
C	5	7.191	A
F	5	1.031	B

Means that do not share a letter are significantly different.
 Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
 All Pairwise Comparisons among Levels of muestras

Individual confidence level = 95.00%

muestras = C subtracted from:

muestras	Lower	Center	Upper	Significance
F	-8.187	-6.160	-4.133	(-----*-----)



Anexo 4: Análisis estadístico para humedad

-ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
muestras	1	1320.7	1320.7	58.23	0.000
Error	8	181.4	22.7		
Total	9	1502.1			

S = 4.762 R-Sq = 87.92% R-Sq(adj) = 86.41%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	
C	5	63.252	6.149	(----*----)
F	5	86.236	2.748	(----*----)

-----+-----+-----+-----+-----
60 70 80 90

Pooled StDev = 4.762

- Prueba de Tukey

muestras	N	Mean	Grouping
F	5	86.236	A
C	5	63.252	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of muestras
Individual confidence level = 95.00%
muestras = C subtracted from:

muestras	Lower	Center	Upper
F	16.038	22.984	29.930

Anexo 5: Análisis estadístico para cenizas

-ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
muestras	1	42.97	42.97	11.19	0.010
Error	8	30.72	3.84		
Total	9	73.69			

S = 1.960 R-Sq = 58.31% R-Sq(adj) = 53.10%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
C	5	9.599	2.046
F	5	5.453	1.870

Pooled StDev = 1.960

muestras	N	Mean	Grouping
C	5	28.041	A
F	5	24.114	A

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of muestras

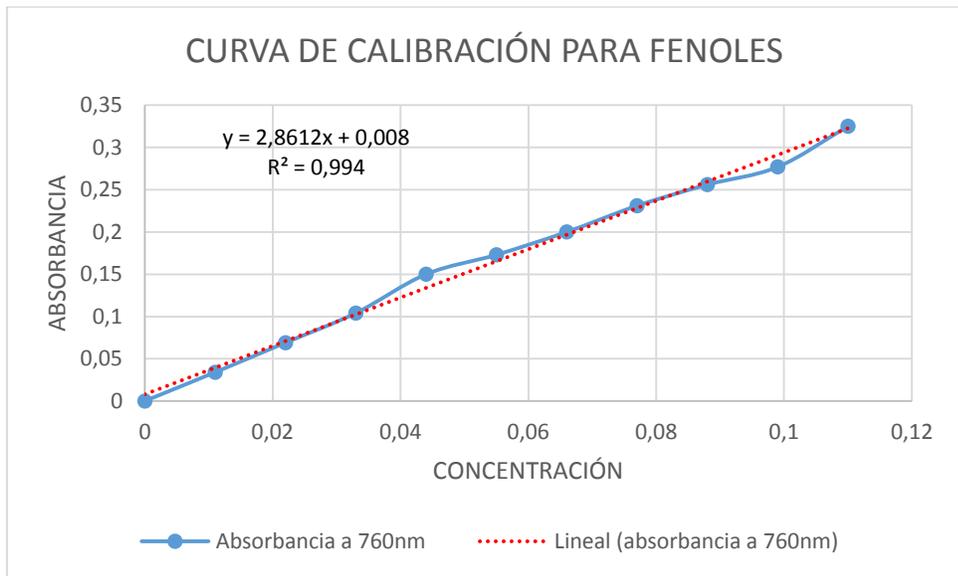
Individual confidence level = 95.00%

muestras = C subtracted from:

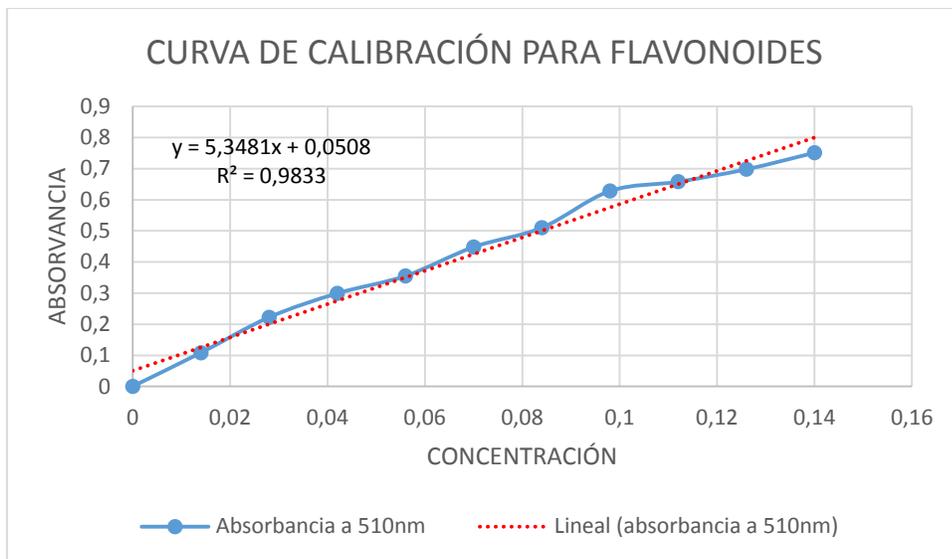
muestras	Lower	Center	Upper
F	-10.026	-3.927	2.172

B) CURVAS DE CALIBRACIÓN

Anexo 8: Curva de calibración para determinación de fenoles totales



Anexo 9: Curva de calibración para determinación de flavonoides totales



Anexo 10: Curva de calibración para determinación de fructosa total

