

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos



Cuantificación de sustancias hipoglucémicas y determinación de la velocidad de deterioro en un concentrado de pitaya (*Pachycereus grandis*) y en su reconstituido

POR:

Estefany Carolina Moreno López

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

**Cuantificación de sustancias hipoglucémicas y
determinación de la velocidad de deterioro en un
concentrado de pitaya (*Pachycereus grandis*) y en su
reconstituido**

Por:
Estefany Carolina Moreno López

TESIS

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

APROBADA:



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



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez
Sinodal



Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque
Sinodal



Dr. José Duñez Alanis
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila de Zaragoza, México.
Diciembre 2015

SOLO TRIUNFA EN EL MUNDO QUIEN SE LEVANTA

Y BUSCA A LAS CIRCUNSTANCIAS

Y LAS CREA SI NO LAS ENCUENTRA.

BERNARD SHAW

AGRADECIMIENTOS

La culminación de este trabajo de investigación es una etapa de aprendizaje en la que estoy más que orgullosa de lo que he logrado, pero también es momento de agradecer a cada uno de los que me apoyaron para que esto fuera posible:

En primer lugar a mi “**ALMA MATER**” por ser la casa de estudios que acogiera mi sueño, y por haberme dado algo tan valioso como la sabiduría, fueron muchos los momentos que pasé en esta excelente casa de estudios por lo que estaré eternamente agradecida.

M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui, quiero extender un sincero agradecimiento por su paciencia, responsabilidad y disponibilidad, por su amistad, por brindarme su experiencia y conocimientos, por sus consejos pero sobre todo por enseñarme que cuando se quiere lograr algo, con constancia y dedicación se obtienen buenos resultados, le estaré agradecida de que me facilitara en todo momento su tiempo y que me apoyara para la culminación de este proyecto. Muchas gracias.

Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez quiero expresarle mi agradecimiento por su apoyo, asesoría y dedicación para la realización de este proyecto, por hacer un espacio de su tiempo para explicarme dudas, por la amistad y brindarme de sus conocimientos. Muchas gracias.

Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque por la atención y la dedicación para ayudarme con los resultados estadísticos, pero sobre todo por estar a la disposición y brindarme conocimientos para la realización de este proyecto.

L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel por su amistad, su apoyo y la accesibilidad para el material de el laboratorio, para realizar y culminar la parte experimental de este proyecto, gracias.

A cada uno de los muchos maestros que durante estos nueve semestres de la carrera me aportaron parte de sus conocimientos y experiencias, “GRACIAS” por la paciencia, su amistad y sus consejos:

Dr. Mario, M.C Sarahi, Dr. Armando, M.C María, M.C. Francisco, Dra. Verónica, M.C Gerardo, Dr. Antonio, M.C Laurita, M.C Heliodoro.

A mis compañeros de la generación CXX de **Ingeniero en Ciencia y Tecnología de Alimentos**, gracias por cada uno de los muchos momentos que compartimos, en especial a:

Mariana Rivera Contreras y Beatriz Carmen Peña Delgado por ser mis hermanas, mis confidentes, mis mejores amigas porque con ellas compartí momentos increíbles, niñas: muchas gracias por sus consejos, por el gran apoyo, por nunca dejarme sola cuando más las necesité, pero sobre todo porque me enseñaron cada una cosas diferentes y que la amistad es lo mas hermoso que pueda existir, las quiero hermanitas gracias por su amistad.

Juan Carlos Trujillo Hernández por ser la persona más humilde y única, porque más que mi mejor amigo, eres uno más de mis hermanos, gracias por apoyarme siempre, por tus consejos, por cada una de las aventuras, por no dejarme sola cuando más te necesité, muchas gracias Carlitos.

A mis compañeros con quienes compartí experiencias, aventuras, convivencias y sobre todo por su amistad, gracias por ser como otra familia más:

Sergio, Dulce, Omar, Mariano, Isabel, Hernán, Lili, Samuel, Ricardo Ramos, Ricardo Ruiz, Juan Manuel, Marisol, Karen, Carmen Yameli.

Darwin Ovando Chacón, por su amistad, porque gracias a él, por su forma de ver la vida de diferente manera, hace que los días se pasen rápido, es una persona que ayuda de todo corazón, es alegre, su risa me causa risa, me cuida y me da consejos, te quiero muchas gracias por todo.

DEDICATORIA

A Dios por regalarme la vida, por cada una de las bendiciones, por guiarme, cuidarme por permitirme llegar a este momento. Por no dejarme caer, por enseñarme a levantar, por regalarme a la mejor familia, por todas las pruebas difíciles que me han hecho una persona más fuerte, decidida, responsable, independiente y por hacer de lo imposible lo posible.

CON TODO AMOR Y RESPETO A MI PADRE:

+ **Ernesto Moreno Hernández**, que no está físicamente conmigo pero si en mi corazón y mis recuerdos, gracias por ser el mejor papá del mundo, por tus enseñanzas, tu forma de educarme, por enseñarme que todo en esta vida se logra si uno se lo propone, por tus sabios consejos, por apoyarme a seguir estudiando, por la confianza y gracias a ello es que hoy llega la etapa en la que sé que estas orgulloso de mi, por lograr el sueño que mas querías: tener a tus hijos profesionistas y lo logramos, gracias por cuidarme, guiarme y nunca dejarme sola, TE AMO PAPÁ.

CON AMOR Y ADMIRACIÓN A MI MADRE:

Amanda López Pérez a quien le debo mis triunfos y es una muestra de gratitud por todo lo que has hecho por mí. Por ser la mejor mama del mundo, por ser mi amiga y mi confidente, que me has enseñado a ser fuerte a no tener miedo, por la confianza y los consejos que me brindas, a enseñarme que cuando hay problemas juntos se soluciona rápido, por apoyarme y nunca dejarme sola a realizar este sueño, gracias por tu amor, TE AMO MAMÁ.

A MIS HERMANOS:

Néstor Alexander Moreno López te amo por enseñarme a luchar, a ser fuerte, a tener confianza y por no dejarme sola, por consentirme, cumplir mis caprichos, por ser mi ejemplo, mi orgullo pero sobre todo por ser no solo mi

hermano, si no un padre para mi, por enseñarme a valorar las cosas, ha ser responsable, dedicada y comprometida porque sin ti esto no hubiera sido posible, gracias por ser el mejor hermano por tus consejos y las muchas aventuras juntos. Te amo hermano.

Oswaldo Leonel Moreno López a ti hermanito gracias por formar parte de mi vida, por ser la persona que alegra mis días, por compartir momentos a tu lado, aunque tú me enseñaste a ver las cosas de diferente manera, te amo.

A MIS ABUELITOS:

Julia Pérez Espinoza, por ser la abuelita más buena, cariñosa y tierna, gracias por tus consejos, por confiar en mí y por nunca dejarme sola, por alegrar mis días por ser mi motor a seguir adelante, te amo.

Josefa Hernández, por sus consejos, por decir las cosas como realmente pasa, por no quedarse callada, por el mejor papá que pudo regalarme, gracias abuelita, te amo.

José Moreno, porque gracias a él tuve el mejor papá, porque a pesar de su carácter sé que en el fondo está orgulloso de nosotros, te quiero mucho.

CON TODO MI AMOR A MI NOVIO

Daniel Alfredo Cañaveral Hernández, por formar parte de mi vida, por ayudarme a que esta etapa de mi vida sea fácil, por apoyarme, aun a la distancia haces que estemos cerca. Gracias por cada uno de los consejos, por hacerme ver las cosas de diferente manera, por enseñarme a luchar por lo que quiero, por llevarme de la mano cuando más te necesito, en las buenas o en las malas. Eres la persona que alegra mis días y me llena de felicidad gracias por nunca dejarme sola: TE AMO.

A MIS TÍOS

A cada uno de ellos le debo mucho por sus consejos y por apoyarme en la escuela, porque nunca nos dejaron solos, por confiar en mí, en la culminación de la carrera, porque gracias a sus regaños, sus pláticas y la forma de hacerme ver las cosas y por preocuparse por mí, me ayudaron muchísimo, gracias tíos.

**Augusto, Anita, Pepe, Toni, Juanita, Isabel, Lucía, Manuel, Edith,
Jaime, Sara, Silverio.**

A MIS PRIMOS

Julio Iber Bautista y Liliana Vicente por su apoyo y consejos porque son como mis hermanos y por conocer la emoción de tener un sobrino o sobrina que alegrará nuestras vidas, los quiero.

A cada uno de mis primos ya que con ellos compartí aventuras, travesuras, berrinches, peleas, pero sobre todo que somos una pequeña familia traviesa, los quiero gracias por formar parte de mi vida.

Manuelito, Erika, Heidi, Carlitos, Yareli, Oscar, Cristian

RESUMEN

La pitaya (*Pachycereus grandis*) es una cactácea columnar que se encuentra en zonas áridas y semiáridas de México. Sus frutos son jugosos y de coloraciones que van desde naranja hasta el púrpura.

El presente trabajo se basa en la extracción de pulpa de pitaya conservada en congelación durante seis meses, para la formulación de un concentrado a temperatura de 60°C, realizando una comparación entre concentrado sin stevia y reconstituido con stevia, así como la determinación de las sustancias hipoglucémicas (fenoles, flavonoides, azúcares) y antioxidantes (pigmentos) en el concentrado de pitaya, encontrándose que éstas dependen del tipo de almacenamiento y de las condiciones a la que la pulpa fue expuesta como tiempo, temperatura y el equipo empleado, tomando en cuenta que la luz y el oxígeno son factores claves para la alteración de estos compuestos.

De acuerdo a los estudios realizados se logra observar que el componente de principal interés son los flavonoides, ya que éste tiene un poder antioxidante mayor que los otros compuestos, y ayudan a disminuir los niveles de glucosa en sangre, lo cual permite contrarrestar varias enfermedades como Diabetes mellitus, infecciones del riñón, estreñimiento etcétera.

La formulación del concentrado ayudará al aprovechamiento y conservación de la fruta y alargar su vida útil, haciendo un producto más fácil de adquirir para los consumidores. Además de que es una forma de aprovechamiento para la obtención de un subproducto de pitaya (*Pachycereus grandis*) por la alta producción de ésta.

En base a los resultados se logró la obtención de un concentrado con sustancias hipoglucemiantes y se determinó que el mejor reconstituido fue en proporción 1:1.67, (concentrado: agua).

Palabras claves: pitaya (*Pachycereus grandis*), concentrado, sustancias hipoglucemicas, actividad antioxidante, reconstituido, Diabetes mellitus.

ÍNDICE

Agradecimientos	iv
Dedicatoria	v
Resumen	vi
Índice	x
CAPITULO I	1
Introducción	1
Justificación	3
Hipótesis	4
Objetivo	4
Objetivos específicos	4
CAPITULO II	5
Marco teórico	5
Diabetes	5
Importancia	6
Tipos	7
Diabetes tipo 1	7
Diabetes tipo 2	7
Otros tipos de Diabetes	8
Diabetes sacarínica	8
Diabetes insípida	8
Diabetes insípida nefrógena	8
Prevención	9
Prevención primaria	9
En la población en general	9

En la población de alto riesgo	9
Prevención secundaria	10
Prevención terciaria	10
Tratamientos	10
Tratamientos inmediatos	11
Educación	11
Actividad física	11
Dieta	11
Administración de insulina	11
Medicamentos administrados por vía oral	12
Sustancias Hipoglucémicas	12
Fenoles	14
Flavonoides	14
Medicina tradicional	16
Cactáceas	17
Pitaya	17
Origen	17
Clasificación	18
Composición química	20
Betalaínas	21
Stevia	24
Desarrollo de alimentos funcionales o nutraceuticos	26
Concentrado de fruto	26
Usos	27
Vida útil	28
Valor de k	29

CAPITULO III	31
Materiales y metodología experimental	31
Ubicación del sitio experimental	31
Material biológico	31
Materiales del laboratorio	31
Metodología	33
Conservación por bajas temperaturas	34
Molienda de material biológico	34
Obtención concentrado	35
Elaboración de los reconstituidos sin/con stevia	35
Análisis físico - químicos	36
Determinar color	36
Pigmentos	37
Determinación de sustancias hipoglucémicas	39
Flavonoides	39
Fenoles	40
Fructosa	40
Determinación de la velocidad de deterioro	41
Análisis estadístico	43
CAPITULO IV	44
Resultados	44
Color y pigmentos en pulpa fresca y concentrado	44
Sustancias hipoglucémicas	46
Fenoles, flavonoides y fructosa	46
Concentrado con/sin stevia	47
Reconstituido con/sin stevia	50

Velocidad de deterioro	53
CAPITULO V	55
Conclusiones	55
CAPITULO VI	56
Referencias bibliográficas	56
Referencias informáticas	60
ANEXOS.....	61
Anexo 1	61
Anexo 2	61
Anexo 3	62
Anexo 4	63
Anexo 5	63
Anexo 6	64
Anexo 7	64
Anexo 8	65
Anexo 9	66
Anexo 10	67
Anexo 11	68
Anexo 12.....	69
Anexo 13.....	70
Anexo 14.....	71
Anexo 15.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flavonoide y la acción de la enzima isomerasa	15
Figura 2. Cactacea.....	17
Figura 3. Fruto de la pitaya espinosa (<i>P. grandis</i>).....	19
Figura 4. Fórmula general de las betalaínas.....	21
Figura 5. Fórmula general de las betacianinas (rojo-púrpura) y de las betaxantinas (amarillo).	23
Figura 6. Planta stevia <i>rebaudiana bertonii</i>	24
Figura 7. Diagrama metodológico experimental.....	33
Figura 8. Diagrama de la elaboración del concentrado.....	34
Figura 9. Diagrama del proceso de concentración en horno de secado a 60 °C ..	35
Figura 10. Diagrama del proceso de los reconstituidos a base de concentrado de pitaya roja (<i>P. grandis</i>)	36
Figura 11. Lectura de color del concentrado	37
Figura 12. Lectura de color del reconstituido	37
Figura 13. Diagrama de proceso de la determinación de pigmentos	38
Figura 14. Adición de reactivos	39
Figura 15. Muestras preparadas par cuantificación de flavonoides	39
Figura 16. Técnica para cuantificación de fenoles.	40
Figura 17. Técnica para cuantificación de fructosa.....	41
Figura 18. Diagrama metodológico experimental para la determinación de la velocidad de deterioro.....	42
Figura 19. Prueba de Duncan para las medias L^* , a^* y b^* respecto a las proporciones	50
Figura 20. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para betacianinas y betaxantinas	51
Figura 21. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para fenoles y flavonoides.....	52
Figura 22. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para fructosa	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de familias de las sustancias Hipoglucemiantes.....	13
Tabla 2. Componentes de la pitaya <i>Pachycereus grandis</i>	20
Tabla 3. Composición química de cinco variedades diferentes de pitaya.	21
Tabla 4. Ordenes de reacción, así como su información correspondiente.....	30
Tabla 5. Materiales empleados en los diferentes análisis realizados.....	31
Tabla 6. Reactivos utilizados en los diferentes análisis	32
Tabla 7. Equipos empleados en los diferentes análisis.....	32
Tabla 8. Medias para cada variable observada respecto al producto fresco y concentrado	44
Tabla 9. Medias para cada variable observada respecto al producto fresco y concentrado	46
Tabla 10. Medias para cada variable observada respecto al uso de stevia.	48
Tabla 11. Medias para cada variable observada respecto al uso de stevia.	49

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son plantas originarias del continente americano y se encuentran distribuidas a todo largo y ancho del mismo. México durante años ha sido un centro de establecimiento y diferenciación muy importante para esta familia, encontrándose una gran cantidad de endemismos y una variación indiscutible de formas, adaptaciones y tipos biológicos, acordes con la gran diversidad climática del país. El término pitaya o cualquiera de sus variantes regionales (pitalla, pitahaya, pitahalla, pitajalla o pitajaya) proviene de la lengua antillana y fue introducida al territorio mexicano por medio de los conquistadores españoles y posteriormente propagada por los colonizadores.

La mixteca Oaxaqueña se caracteriza por ser una región árida que permite el desarrollo y cultivo de diversas especies de cactáceas, como es el caso del órgano columnar *Stenocereus*. El fruto exótico y delicioso de esta planta es la llamada pitaya que es una baya de mesocarpio de diferentes colores (rojo, amarillo, blanco o fucsia), de epicarpio gomoso con espinas y semillas negras.

La pitaya (*Stenocereus spp.*) o pitahaya (*Hylocereus spp.*), que significa fruta escamosa, considerada una fruta exótica de sabor dulce es el fruto de una cactácea originaria del continente Americano que en México se encuentra en 20 estados de la República, en su mayoría de forma silvestre, la cual se adapta a climas secos, siendo los estados de Morelos, Puebla, Jalisco, Yucatán, Oaxaca, Hidalgo, Chiapas, Tabasco y Nayarit, los más idóneos para su reproducción. En la actualidad existen pocas extensiones de terrenos, en las que pequeños y medianos productores se dedican a la producción de esta fruta, debido a su temporada anual y el aprecio de los pobladores de la región donde se cultiva o se produce de forma silvestre.

La también llamada pitaya (*Pachycereus grandis*) es una cactácea columnar originaria de México. Sus frutos son bayas poliespermáticas de forma globosa u ovoide, con espinas caducas; la pulpa puede ser de color anaranjado, rojo o púr-

pura. El color característico de sus frutos se debe a las betalainas, pigmentos naturales hidrosolubles con nitrógeno en su estructura que se sintetizan a partir del aminoácido tirosina.

Las betalainas se dividen en dos grupos: batacianinas, que brindan tonalidades rojas y se forman por condensación de una estructura ciclo-DOPA (dihidroxifenilalanina) con el ácido betalámico, y betaxantinas que proporcionan coloraciones amarillas y se sintetizan a partir de diferentes compuestos amino y el ácido betalámico .

Actualmente este fruto rico en proteínas y fibra, solo se comercializa y consume de forma fresca en las zonas donde se cultiva y únicamente en las temporadas de cosecha (abril- junio y septiembre – octubre). Esto se debe principalmente a que una vez que se le quitan las espinas, los procesos de maduración se desencadenan rápidamente, alcanzando en pocos días (2-3) su descomposición.

Las características de la pitaya han llevado a la realización del presente trabajo, ya que se busca formular una bebida a base de un concentrado con sustancias hipoglucémicas y antioxidantes. Las sustancias hipoglucémicas también llamadas antidiabéticos orales, son sustancias que ayudan a reducir los niveles de azúcar en sangre, utilizadas para tratar la Diabetes mellitus tipo 2.

JUSTIFICACIÓN

La Encuesta Nacional de Nutrición 2012, reveló que el 9.17 por ciento de la población adulta ha tenido un diagnóstico de Diabetes que se traduce en 6.4 millones de personas. En lo referente a las entidades de la República Mexicana, la encuesta encontró que el Distrito Federal es la entidad con mayor porcentaje de hombres con diagnóstico de diabetes (12.7%), seguido del Estado de México (11.5%) y Veracruz (11.9%). En tanto que para las mujeres el primer lugar es Nuevo León (15.5%), seguido de Tamaulipas (12.8%) y el Distrito Federal (11.9%).

México ocupa el primer lugar en obesidad infantil y es el segundo país con el mayor número de adultos con obesidad, detrás de Estados Unidos. Además, la Diabetes es la principal causa de muerte en México, con 17.2 % de los decesos de acuerdo a la encuesta de la Federación Mexicana de Diabetes. Cada hora se diagnostican 38 nuevos casos y cada dos fallecen cinco personas por complicaciones relacionadas con la enfermedad y 7 de cada 10 mexicanos tienen sobrepeso u obesidad.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta en las estadísticas de actualidad que 347 millones de personas tienen diabetes, y calcula que en el 2014 fallecieron 3.4 millones de personas como consecuencia del exceso de azúcar en la sangre, mientras que la Federación Internacional de Diabetes (IDF) informa que 371 millones de personas tienen diabetes, y que para 2030 esta cifra habrá aumentado hasta alcanzar los 552 millones.

El presente trabajo pretende formular una bebida de un concentrado de pitaya roja (*P. grandis*) para diabéticos, con la finalidad de tener un subproducto fácil de adquirir por el consumidor y preparar agua fresca (reconstituido), analizando los cambios producidos en su composición química al ser procesado.

Por lo que se busca identificar y cuantificar las sustancias que ayuden a los diabéticos a estabilizar los niveles de glucosa, al consumir la bebida del concentrado de pitaya.

La finalidad del presente trabajo es dar una disponibilidad del fruto fuera de su temporada, ya que es un fruto altamente perecedero, con la formulación de la bebida a base de un concentrado (*P. grandis*) con la que se pretende comercializarlo más fácil y rápido.

HIPÓTESIS

La cuantificación de las sustancias hipoglucémicas y sustancias antioxidantes presentes en la pulpa de pitaya (*Pachycereus grandis*) se mantiene en la formulación de una bebida a base del concentrado de la misma.

OBJETIVO

Formular una bebida a partir de un concentrado a base de pulpa de pitaya (*Pachycereus grandis*) que posea sustancias hipoglucémicas y antioxidantes así como determinar su velocidad de deterioro.

OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Obtener el concentrado de pitaya por deshidratado a temperatura de 60°C y cuantificar las sustancias hipoglucémicas (fenoles, flavonoides, fructosa).
- Extraer y cuantificar el pigmento presente en el concentrado de pitaya (*P. grandis*).
- Determinar los cambios en el concentrado de las diferentes sustancias hipoglucémicas y pigmentos en cada una de las formulaciones de bebida.
- Determinar la velocidad de deterioro del concentrado para tener un tiempo de disponibilidad del producto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

DIABETES

La diabetes es uno de los problemas más graves de salud en nuestro país y de mayor demanda de atención en la consulta médica. La Diabetes es una afección crónica que se desencadena cuando el organismo pierde su capacidad de producir suficiente insulina o de utilizarla con eficacia. La insulina es una hormona que se fabrica en el páncreas y que permite que la glucosa de los alimentos pase a las células del organismo, en donde se convierte en energía para que funcionen los músculos y los tejidos. Como resultado, una persona con Diabetes no absorbe la glucosa adecuadamente, de modo que ésta queda circulando en la sangre (hiperglucemia) y dañando los tejidos con el paso del tiempo. Este deterioro causa complicaciones para la salud potencialmente letales. (Harris M, Zimmet P, 1997).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 015 de la Secretaria de Salud (NOM-015-SSA2-2010) se entiende por Diabetes a la enfermedad sistémica, crónico-degenerativa, de carácter heterogéneo, con grados variables de predisposición hereditaria, con participación de diversos factores ambientales, y que se caracteriza por hiperglucemia crónica debido a la deficiencia en la producción o acción de la insulina, lo que afecta al metabolismo intermedio de los hidratos de carbono, proteínas y grasas. La Diabetes es una enfermedad que con el tiempo se complica con otras afecciones como la hipertensión arterial, la disminución de la visión (retinopatía diabética), la dificultad para cicatrizar las heridas, las alteraciones del sistema nervioso así como pérdida de la sensibilidad en los pies y las manos.

La Diabetes mellitus es un padecimiento complejo que lleva implícito una serie de situaciones que comprometen el control en los pacientes, lo cual favorece el desarrollo de complicaciones, con los consecuentes trastornos en la calidad de vida, muertes prematuras e incremento en los costos de atención y tasas de hospitalización. (NOM-015-SSA2-2010)

IMPORTANCIA

La epidemia de la Diabetes mellitus (DM) es reconocida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una amenaza mundial. Se calcula que en el mundo existen más de 180 millones de personas con Diabetes y es probable que esta cifra aumente a más del doble para 2030. En 2005 se registraron 1.1 millones de muertes debidas a la Diabetes, de las cuales alrededor del 80% ocurrieron en países de ingresos bajos o medios, que en su mayoría se encuentran menos preparados para enfrentar esta epidemia. (NOM-015-SSA2-2010).

En México, la DM ocupa el primer lugar en número de defunciones por año, tanto en hombres como en mujeres, las tasas de mortalidad muestran una tendencia ascendente en ambos sexos con más de 70 mil muertes y 400,000 casos nuevos anuales; cabe señalar que según la Dirección General de Información en Salud en el 2007 hubo un número mayor de defunciones en el grupo de las mujeres (37,202 muertes) comparado con el de los hombres (33,310), con una tasa de 69.2 por 100,000 habitantes en mujeres y de 64 en hombres, diferencias importantes a considerar en las acciones preventivas, de detección, diagnóstico y tratamiento de este padecimiento. La Diabetes no es un factor de riesgo cardiovascular.

Al igual que otros países, México enfrenta problemas diversos que limitan la eficacia de los programas institucionales para la contención de esta enfermedad. Destacan por su importancia el insuficiente abasto de medicamentos, equipo inadecuado y obsoleto en las unidades de salud, la inaccesibilidad a exámenes de laboratorio, deficiencias en el sistema de referencia y contrarreferencia de pacientes, limitaciones de los servicios de apoyo psicológico y nutricional, nula promoción de actividad física, automonitoreo y escasa supervisión de los servicios para alcanzar la adherencia terapéutica. (NOM-015-SSA2-2010).

TIPOS

De acuerdo a P. Krall & S. Beaser (1989), en la actualidad, existe una clasificación general, reconocida mundialmente y aprobada por la Asociación Americana de Diabetes y avalada por la Organización Mundial de la Salud, que se presenta a continuación:

Diabetes tipo 1

Es el resultado de una disminuida producción de insulina por el páncreas. Las personas que padecen este tipo de Diabetes, deben de suministrarse inyecciones de insulina ya que no existe una manera para administrar la insulina oralmente. Ocurre porque las células beta no funcionan, es probable que estas células sean destruidas por los propios mecanismos de defensa del cuerpo humano, que actúan en contra de ellas. En condiciones normales el sistema inmunológico dirige anticuerpos y linfocitos en contra de sustancias que parezcan extrañas tales como los virus y otros enemigos que necesite destruir. Este tipo de defensas son indispensables para la salud, pero por alguna razón, en los pacientes con diabetes tipo I, los mecanismos de defensa, se dirigen hacia las células beta del páncreas, guiándolas hacia la destrucción.

Diabetes tipo 2

Es causada probablemente por una resistencia a la acción normal de la insulina y una relativa reducción en la segregación de ésta. La carencia de la sustancia puede ser provocada por un número reducido de células beta, encargadas de la producción de insulina, mientras que la resistencia a ésta ocurre cuando la interacción entre la insulina y los receptores de insulina en las células del cuerpo se vuelve menos efectiva y la glucosa no puede penetrar en las células. Las personas con este padecimiento comúnmente tienen otros miembros de la familia con el mismo tipo de problema, de ahí se deduce que existe un componente hereditario presente en esta condición. Las personas con Diabetes tipo 2, normalmente tienen sobrepeso, o al menos su peso rebasa los estándares establecidos de su peso y talla, su cuerpo se vuelve ineficiente ya que no logra controlar las cantidades de alimentos consumidos y procesarlos. El páncreas de

un paciente con Diabetes tipo 2, reconoce que el nivel de glucosa en sangre está elevado y como resultado requiere más insulina, pero aun y cuando el páncreas segrega insulina tal vez más del usual, no es suficiente para sobrellevar esta resistencia.

Otros tipos de Diabetes

Mientras que la mayoría de las personas con niveles anormales de glucosa caen dentro de alguno de los dos primeros tipos de Diabetes, existen otras anomalías que no pueden clasificarse conforme a los criterios anteriores y que se engloban, por esta razón, dentro de un tercer tipo de diabetes, con los siguientes subgrupos:

Diabetes sacarina: Enfermedad crónica que se caracteriza por la gran eliminación de glucosa por la orina, así como el aumento de la sed y del apetito. Su causa inmediata parece ser un aumento en la formación de glucosa en el organismo y mayor proporción de ésta en la sangre. (Guyton, Arthur, 1971).

Diabetes insípida: Se trata de una enfermedad que aparece cuando hay insuficiencia del sistema hipofisario para secretar hormona antidiurética. En una persona con diabetes insípida plenamente desarrollada, la falta de esta hormona impide que su orina se concentre.

Diabetes insípida nefrógena: En ocasiones, los túbulos renales no responden completamente a la hormona antidiurética secretada por el sistema hipofisario supraóptico; en consecuencia, se secretan continuamente grandes volúmenes de orina diluida. Mientras, el paciente dispone de gran cantidad de agua, el proceso raramente produce trastorno importante; si no recibe cantidades adecuadas de líquidos, se deshidrata rápidamente.

PREVENCIÓN

En forma individual, los médicos tratan pacientes que ya presentan síntomas de la enfermedad y que buscan atención para el alivio del dolor, ansiedad o sufrimiento.

La prevención de la Diabetes mellitus o de sus complicaciones abarca el espectro completo de la medicina clínica ya que implica el conjunto de acciones adoptadas para evitar su aparición o progresión. Las estrategias de aplicación, el diseño y la evaluación de las acciones de prevención deben ser revisadas periódicamente con criterios acordes a las características regionales y adaptar las estrategias de abordaje a las necesidades específicas y recursos existentes. El control y tratamiento adecuado, así como la prevención, deberán convertirse en pilares que eviten el desarrollo de las complicaciones agudas y crónicas. (Salazar, M, 2001).

Se realizará en tres niveles que se describen a continuación:

Prevención primaria

Tiene como objetivo evitar el inicio de la enfermedad. En la práctica, prevención es toda actividad que tiene lugar antes de la manifestación de la enfermedad con el propósito específico de prevenir su aparición. Se proponen dos tipos de intervención primaria: (Salazar, M, 2001).

En la población general:

Medidas destinadas a modificar el estilo de vida y las características socio-ambientales que, unidas a factores genéticos, constituyen causas desencadenantes de la Diabetes. Los factores de riesgo que son potencialmente modificables son: obesidad, sedentarismo, dislipidemia, hipertensión, tabaquismo y nutrición inapropiada. Puesto que la probabilidad de beneficio individual a corto plazo es limitada, es necesario que las medidas poblacionales de prevención se mantengan de manera permanente para que sean efectivas a largo plazo.

En la población de alto riesgo:

La intervención inicial y a lo largo del padecimiento, se realizará especialmente con tratamiento no farmacológico y consistirá en:

- Educación para la salud (folletos, revistas, boletines y otros).

- Promoción de la salud; corrección de factores dentro del estilo de vida.
- Prevención y corrección de la obesidad (dietas con bajo contenido en grasas y azúcares refinados y alta proporción de fibra alimentaria).

Prevención secundaria

Todos los esfuerzos de la prevención secundaria están destinados a individuos ya confirmados con Diabetes mellitus y tienen como objetivos:

- Retrasar la progresión de la enfermedad.
- Remitir cualquier alteración en su estado metabólico.
- Prevenir la aparición de complicaciones agudas y crónicas.

Es importante que el enfermo conozca los efectos aditivos del hábito de fumar y el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares.

Prevención terciaria

Está dirigida a pacientes que presentan complicaciones crónicas, tiene como objetivos:

- Evitar la discapacidad del paciente (por insuficiencia renal, ceguera, o pie diabético).
- Evitar la mortalidad temprana.

Estas acciones requieren de la participación de profesionales especializados en las diferentes complicaciones. (Salazar, M, 2001).

TRATAMIENTOS

Se han descrito diversos tratamientos y remedios para esta enfermedad a lo largo de los años, se sabe a la fecha que no existe un método específico que pueda darle fin a la Diabetes, solo se ha observado que puede mejorarse la calidad de vida mediante la utilización de diversos mecanismos. Por esta razón es preciso clasificar los tratamientos en preventivos e inmediatos. (Asociación Mexicana de la Diabetes, 2013).

Tratamientos inmediatos

Es de gran importancia aclarar que el tratamiento para la diabetes (de cualquier tipo que ésta sea) debe de ser aplicado a lo largo de toda vida y debe de seguirse adecuadamente para evitar complicaciones. La Asociación Mexicana de la Diabetes reporta la existencia y necesidad de cinco principales herramientas para su tratamiento que se enlistan a continuación:

Educación: Es apenas hasta hace unos cuantos años que se especifica la utilización de un sistema de información para el diabético establecido como tratamiento fundamental, no como parte de tratamiento inmediato. En este método se ofrecen pláticas para saber los tipos de dietas utilizar, que y cuanta insulina administrarse.

Actividad física: El ejercicio físico es una de las maneras que ayudan a controlar y prevenir la Diabetes. Mejora el efecto de las otras partes del tratamiento y es muy importante porque no solamente mejora de manera generalizada la salud, también puede ayudar a reducir los requerimientos de insulina, al hacer esta más efectiva, probablemente al mejorar el funcionamiento de los receptores para la insulina. La cantidad de actividad física necesaria se designa de manera individual para cada paciente.

Dieta: el control del tipo y cantidad de alimentos ingeridos es la base para todos los tratamientos de Diabetes mellitus. Una gran parte de los pacientes con Diabetes tipo 2, degeneran su habilidad para la producción de insulina y una dieta adecuada puede facilitar la efectividad de la insulina natural. El programa de dieta para los pacientes con Diabetes tipo 1, es menos restrictivo, pero igualmente importante.

Administración de insulina: Si esta sustancia está presente inadecuadamente en el cuerpo (como en la Diabetes tipo 1 I) o si se necesita de una mayor cantidad de ésta como resultado de una mala alimentación (como en la Diabetes tipo 2), es indispensable administrar insulina. Los diabéticos deben revisar sus niveles diarios de glucosa mediante una pequeña punción en el dedo pulgar, que origine

el flujo sanguíneo, del cual se toma la muestra, la cual se coloca en el medidor, que verifica si existe o no necesidad de suministrar insulina.

Medicamentos administrados por vía oral: Se administran agentes hipoglucemiantes, que disminuyen los niveles de glucosa en la sangre. Estos pueden estimular la liberación de una mayor cantidad de insulina y ayudan a reducir la resistencia ante la insulina ya disponible. Se utilizan aproximadamente en un 30% a 40% en los pacientes diabéticos de los Estados Unidos. A pesar de esto, cabe mencionar que no son siempre efectivos para cualquiera que padezca la enfermedad, son eficaces únicamente cuando por sí, el páncreas no puede generar una buena producción de insulina.

SUSTANCIAS HIPOGLUCÉMICAS

La hipoglucemia, también conocida como nivel bajo de azúcar en la sangre, se produce cuando la glucosa en la sangre desciende por debajo de los niveles normales. (U.S. Department of Health and Human Services, 2011).

La glucosa, fuente importante de energía para el cuerpo, proviene de los alimentos, los carbohidratos son la principal fuente dietaria de la misma, después de una comida, la glucosa se absorbe en el torrente sanguíneo y se transporta a las células del cuerpo. La insulina, hormona producida por el páncreas, ayuda a las células a usar la glucosa como energía, si una persona ingiere más glucosa de la que el cuerpo necesita en ese momento, el cuerpo almacena el exceso de glucosa en el hígado y en los músculos en una forma llamada glucógeno que el cuerpo puede usar como energía entre las comidas.

El exceso de glucosa también se puede convertir en lípidos que se almacenan en las células grasas y que también pueden usarse como energía. Cuando empieza a disminuir la glucosa en la sangre, el glucagón, otra hormona producida por el páncreas, envía señales al hígado para descomponer el glucógeno y liberar la glucosa al torrente sanguíneo, de este modo, la glucosa en la sangre se eleva a un nivel normal. En algunas personas con Diabetes, esta reacción del glucagón a la hipoglucemia está alterada, y otras hormonas como la epinefrina, también

llamada adrenalina, podrían elevar el nivel de glucosa en la sangre. (www.fda.gov).

Las sustancias hipoglucemiantes son aquellas que ayudan a reducir los niveles de azúcar en la sangre, las cuales se utilizan para tratar la Diabetes tipo 2, éstas se dividen en tres familias, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de familias de las sustancias Hipoglucemiantes. (Davis 1994; valsecia 1995)

Familia	Subfamilia
Secretagogos	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Sensibilizantes	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Análogos tipo proteínas	<ul style="list-style-type: none"> • 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 tipo 1.

Para el control de la hiperglucemia podemos encontrar medicamentos químicos, sin embargo existen sustancias naturales que encontramos en los alimentos que pueden ayudar a estabilizar los niveles de azúcar en la sangre. Algunas de las características que estos alimentos tienen son: bajos en grasa, ricos en fibra, carbohidratos y vitaminas C y E. (Diabetes, bienestar y salud, 2014).

Fenoles

Los compuestos fenólicos son todas aquellas sustancias que poseen varias funciones fenol, unidas a estructuras aromáticas o alifáticas; es considerado un alcohol debido que el grupo funcional de los alcoholes es R-OH y en el caso del fenol es Ar-OH. Son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas que actúan como fitoalexinas (las plantas heridas secretan fenoles para defenderse de posibles ataques fúngicos o bacterianos), y contribuyen a la pigmentación de muchas plantas. Cuando éstos son oxidados, dan lugar a las quinonas que brindan un color pardo indeseable (Toapanta, 2002). Dentro de éstos se encuentran:

- **Los derivados del ácido gálico:** Taninos condensados e hidrolizables.
- **Los flavonoides:** Catequina, leucoantocianinas, flavanonas, flavanoles, flavonas, antocianinas, flavonoles, chalconas, dihidrochalconas, auronas e isoflavonas.

Los compuestos fenólicos tienen la capacidad de actuar como antioxidantes ya que pueden capturar radicales libre neutralizándolos. Aquellos presentes en frutas y verduras son considerados compuestos bioactivos, ya que provocan un sinergismo entre su actividad antioxidativa y el contenido total fenólico, los cuales se depositan en el tracto digestivo sin sufrir daño alguno, debido al encapsulamiento del α -glucósidos (Sun 2002).

Flavonoides

Flavo proviene del latín flavus y significa de color entre amarillo y rojo, como el de la miel o el del oro, y flavonoide, se refiere a un grupo aromático de pigmentos heterocíclicos que contienen oxígeno, ampliamente distribuido en el reino vegetal, constituyendo la mayoría de los colores amarillo, rojo y azul de las plantas y frutas. (Sax, N, 1993).

Los flavonoides, uno de los dos grandes compuestos fenólicos, son derivados del benzo-y-pirano y se componen de grupos hidroxilos enlazados a estructuras anulares (dos anillos aromáticos bencénicos), unidos por átomos de carbono, con una estructura general C6-C3-C6, designadas como A, B y C. (Figura 1). El grado de oxidación y el anillo pirano central definirán el tipo de compuesto, es decir se puede subdividir en flavonas, flavonoides, flavononas, isoflavonas, flavanos y antocianinas (Cartaya 2001).

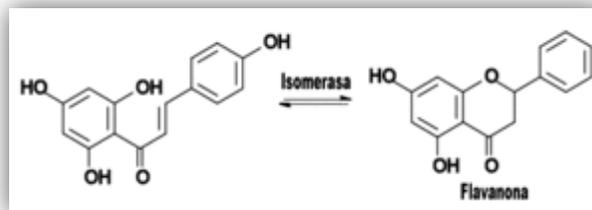


Figura 1. Flavonoide y la acción de la enzima isomerasa

Son compuestos abundantes en la naturaleza, de estructura química parecida a las antocianinas, normalmente se encuentran en frutos junto a ellas, ya que ambos grupos de pigmentos siguen un proceso biosintético común, por lo cual podemos encontrarlos en los siguientes grupos:

Ácido elálgico: Se encuentra en frutas como la uva y las verduras.

Antocianidinas: Pigmentos responsables de los colores rojo-azulado y rojo de las cerezas.

Catequina: Se encuentra en el té negro y verde.

Troflavonoides: Como la quercetina, limoneno, hesperidina, rutina y naranjina.

Isoflavonoides: Tales como la genisteína y la daidzeína, presentes en los alimentos de soya como tofu, leche, porotos y harina.

Kaemferol: Encontrado en brócolis, puerros, remolacha roja y rábanos.

Proantocianidinas: Que aparecen en las semillas de las uvas, en el extracto de corteza de pino marino y en el vino tinto.

Merecen ser incorporados al grupo de los nutrientes esenciales. El valor medio de la ingesta recomendada para flavonoides es de 23 mg al día, siendo el principal flavonoide consumido la quercetina, teniendo al té como su principal fuente. (Ross, J, 2002

MEDICINA TRADICIONAL

La medicina tradicional, al igual que el resto de las medicinas marginales, puede definirse como el conjunto de sistemas y prácticas terapéuticas o subculturas médicas alternativas, estigmatizadas y en ocasiones perseguidas, que nacen, se disuelven, resurgen e interactúan entre ellas continuamente, propias de grupos sociales que se encuentran fuera o en la base del sistema social dominante (Fagetti, A, 2004).

Los éxitos obtenidos por la fitoquímica ejercen un papel decisivo en la generalización del empleo de medicamentos a base de plantas medicinales en la medicina moderna. El conocimiento empírico sobre las prácticas tradicionales de curación se ha visto limitado porque la mayor parte ha sido transmitida en forma oral, no existe una metodología consistente ni el recurso humano y financiero disponible, por lo que es difícil plasmar este conocimiento en documentos confiables y accesibles a la población. (Fort y Morales, 2001).

La medicina tradicional, sus técnicas, sus acciones y sus conocimientos se explican a través de la mentalidad y la cultura de los grupos sociales que la generan, reproducen y practican, porque es parte de su vida, de su cotidianidad, de su tiempo sagrado, histórico y real. La medicina tradicional se crea y se consume en un espacio y en un tiempo determinado, los que en el ejercicio del ritual curativo adquieren gran importancia. (Boletín latinoamericano y del Caribe de plantas y aromáticas, 2010).

Dentro de la medicina tradicional el tratamiento para la diabetes mellitus consta del consumo de té, a base de diversos productos vegetales tales como muérdagos y cactáceas, principalmente nopal.

CACTÁCEAS

Las cactáceas son plantas dicotiledóneas pertenecientes al orden *Caryophyllales* y a la familia *Cacteaceae*, con excepción de *Rhipsalis baccifera*, se distribuyen exclusivamente en el continente americano desde Canadá hasta Argentina y Chile, y en altitudes sobre el nivel del mar de hasta 4000m. (Sánchez, Mejorada, 1982). 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, dentro de las cuales se encuentran aquellas agrupadas como columnares (Figura 2).



Figura 2. *Cactácea*

Las cactáceas poseen características morfológicas y fisiológicas que les han permitido colonizar exitosamente los ambientes cálidos y áridos: tallos suculentos capaces de almacenar y conservar el agua, sustitución de hojas por espinas que además de protección les permiten reflejar parte de la luz solar directa y desarrollo del metabolismo que les posibilita realizar la fotosíntesis durante la noche, evitando la apertura de los estomas durante el día y con ello, la pérdida de agua por transpiración. (Sánchez, Mejorada, 1982).

Pitaya

Origen

La pitaya fruto pequeño cubierto de espinas, proviene del orden *Cactales*, de la familia *Cacteaceae*, la subfamilia *Cereoideae* (o *Cactoideae*), y pertenece a los géneros *Stenocereus* y *Pachycereus*, de acuerdo a la clasificación propuesta por

Gibson y Horak (1978), y a la tribu *Pachycereae*, que está conformada por 15 géneros presentes en México. (Bravo 1991).

A los frutos de diversas cactáceas pertenecientes a las tribus *Hylocereeae*, *Pachycereae* y *Echinocereae* se les designa con el nombre genérico de “pitaya”, voz de origen quechúa (antillano), introducida al país por los conquistadores españoles. De ésta se han derivado distintas formas ortográficas y fonéticas, tales como “pitahaya”, “pitalla”, “pithalla”, pithajaya”, o bien “pitajaya”, aplicados indistintamente a todos ellos.

La tribu *Pachycereae* es una de las nueve tribus de la subfamilia *cactoideae*, que incluye a la mayoría de las especies de cactáceas columnares que se distribuyen principalmente en América del Norte. Su límite norte es el suroeste de los Estados Unidos, y se extiende hacia el sur hasta las Antillas y al norte de América del Sur. A pesar de su amplio intervalo de distribución, la mayoría de sus especies se encuentran en México, unas pocas en Guatemala y al suroeste de los Estados Unidos. Esta tribu está integrada por 13 géneros y 58 especies, de las cuales el 93% se encuentran en México y el 81% son endémicas de nuestro país. Incluye a las subtribus *Pachycereinae* y *Stenocereinae*, las cuales se distribuyen a lo largo de la costa del pacífico, centro y sur de México, en el centro y norte de Sudamérica. (Dávila – Aranda *et al.*, Arias y Terrazas, 2009).

Clasificación

Las pitayas son frutos ovoides, globosos elipsoidales, a veces largos y piriformes, cubiertos por una cáscara o pericarpio delgado y generalmente suave, llevan areolas con cerdas, espinas o pelos. Las areolas en la mayoría de los casos caducan al madurar el fruto, a veces están sostenidas por una escama de forma, consistencia y tamaño variable según la especie; la pulpa es jugosa y dulce, generalmente de color rojo púrpura, pero puede ser blanca con tintes más o menos intensos, rosados o amarillentos, y rara vez verdosos. Contiene numerosas semillas generalmente muy pequeñas, de forma piriforme, de color negro o castaño oscuro. Se han identificado (por el color de la pulpa) diferentes variedades

de pitayas: blanca, amarilla, morada, solferina, roja, guinda, y mamey; cabe mencionar que el color del fruto, se debe a la presencia de pigmentos (betacianinas y betalaínas) y constituyen indudablemente un indicador importante, ya que determinan el atractivo tanto del fruto como de sus productos. (Pimienta, B, E. y P, S, Nobel, 1994).

Son frutos climatéricos y de temporada en los meses de julio a septiembre. El pitayo, planta perenne cactácea que da origen a la pitaya, se caracteriza por ser adaptable a zonas áridas o semiáridas, con suelos pedregosos, erosionados o deforestados; no necesita un gasto considerable de agua y nutrientes naturales, ya que el exceso de lluvia provoca la caída y pudrición de las flores, por tal motivo requiere un periodo seco, expuesto a los rayos del sol para su buen desarrollo; sin estas condiciones el pitayo produciría un crecimiento raquítico sin presencia de flores ni de frutos. Las pitayas de color rojo carmesí tienden a oscilar entre los 5 y 8 cm de diámetro y son de forma ovoide, como se muestra en la Figura 3 con semillas negras cristalinas. (Mercado y Granados 2002).

La subtribu *Pachycereinae* está compuesta por dos géneros: *Pachycereus* y *Neobuxbaumia*; el primero presenta varias especies de las cuales tres de ellas: *P. pringlei*, *P. pectenaboriginum* y *P. grandis* producen frutos que son llamados “pitaya cardón”, “pitaya de hecho” o “pitaya espinosa”, respectivamente. La primera especie se encuentra en Sonora y Baja California, la segunda desde Sinaloa hasta Oaxaca y la última en Morelos y Puebla.



Figura 3. Fruto de la pitaya espinosa (*P. grandis*)

Composición química

En estudios bromatológicos que se han realizado a la pitaya (*P. grandis*) se ha encontrado que es un fruto importante desde el punto de vista nutricional ya que es rico en compuestos antioxidantes, en comparación con otros frutos como se observa en la tabla 2. (Paez 2014).

Tabla 2. Componentes de la pitaya *Pachycereus grandis*

Componente	Pulpa (<i>P. grandis</i>) %
Humedad	94.48
Nitrógeno	2.01
Fructosa	0.72
Flavonoides	0.76
Fenoles	0.13

La importancia de este fruto radica en los compuestos químicos que dan lugar a una fuente de antioxidantes, su alto contenido en azúcares y cantidad considerable de vitamina B, C y E.

La cáscara de pitaya tiene un contenido similar en proteína, fibra y grasa a la pulpa del fruto de *S. griseus*. En el caso de la semilla el valor de la proteína se incrementa casi tres veces con respecto al contenido en pulpa o cascara. (López, 1993).

El contenido principal en cada una de las fracciones (cáscara y pulpa) es el agua con valores que varían de un 80 a un 86%. El segundo componente mayoritario en el fruto de la pitaya son los carbohidratos asimilables que varían desde un 60 hasta un 70% de la composición en base seca. (Tabla 3).

Tabla 3. Composición química de cinco variedades diferentes de pitaya. (Martínez, 1993)

Variedad	pH	Acidez (%)	Azúcares Totales	Azúcares Reductores	Contenido proteico de la pulpa g/Kg
Amarilla	3.9	0.50	11	10	1.3
Blanca	4.7	0.18	11	11	0.2
Mamey	5.0	0.15	10	9	0.5
Morada	4.6	0.29	11	10	1.1
Roja	4.9	0.17	10	10	1.4

Betalainas

El término betalainas se refiere a un grupo de aproximadamente 70 pigmentos hidrosolubles, con estructuras de glucósidos, derivados del ácido betalámico, y que se han dividido en dos grandes grupos: los rojos o betacianinas, y los amarillos o betaxantinas (Francis, 1999). La forma general de las betalainas representa la condensación de una amina primaria o secundaria con ácido betalámico, como se aprecia en la Figura 4. (Francis y Lauro, 2000).

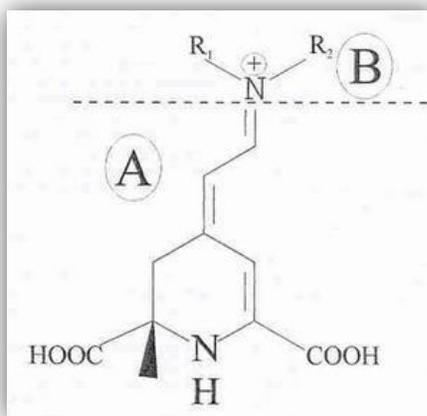


Figura 4. Fórmula general de las betalainas

Son parecidas a las antocianinas y flavonoides en apariencia visual. Anteriormente se les llamaba antocianinas nitrogenadas. Estos pigmentos se encuentran sólo en 10 familias de vegetales, todas pertenecientes al orden *Cariophyllales*: *Aizoaceae*,

Amaranthaceae, *Basellanaceae*, *Cacteaceae*, *Chenopodiaceae*, *Didiereaceae*, *Holophytaceae*, *Nyctaginaceae*, *Phytolaccaceae* y *Portulacaceae* (Franco-Zavaleta, 2004), sin embargo también se han encontrado algunas betalaínas de origen fúngico en el hongo venenoso *Amanita muscaria*. Al igual que las antocianinas, se acumulan en las vacuolas celulares de las flores, frutas y hojas que las sintetizan, principalmente en la epidermis y la subepidermis.

Las betalaínas son uno de los pigmentos autorizados como aditivos por la FDA (Foods and Drugs Administration) de Estados Unidos y también están aprobados en la Unión Europea con la designación de E-162, comercializándose de dos maneras, como polvo, que incluye el pigmento y estabilizantes como azúcares, proteínas y antioxidantes, y como extracto líquido concentrado. Las betalaínas se obtienen a partir de una extracción acuosa a pH ácido; la purificación de los pigmentos se logra por medio de ultrafiltración y de ósmosis inversa. Incluso, debido a su potencial, se ha ensayado el cultivo de tejidos para producir remolachas con un mayor contenido de betaninas. Dado que existen restricciones de tipo legal en el uso de colorantes rojos sintéticos, se ha sugerido emplear a las betalaínas en diversos alimentos tales como gelatinas, bebidas y postres en general. (Weller *et al.*, 1982).

Las betacianinas son pigmentos rojo-púrpura, y se forman por condensación de ácido betalámico con derivados de ciclodopa. Estos compuestos pueden estar glicosilados. Los glucósidos o glicósidos se forman por reacción del grupo alcohol de una molécula con otro grupo alcohol perteneciente a un azúcar (monosacárido u oligosacárido). En esta reacción se forma un enlace glicosídico con pérdida de una molécula de agua. A la parte no glucídica (no azúcar) del compuesto resultante se le llama aglicón. El aglicón se presenta en dos formas isoméricas, como betanina e isobetanina en la remolacha, y como amarantina e isoamarantina en el amaranto (Heuer *et al.*, 1994). Sin embargo, también existen otras formas, de acuerdo con el sustituyente unido al aglicón.

Las betaxantinas, de color amarillo-naranja, se forman por condensación de ácido betalámico con aminas o aminoácidos. En la betaxantina, el anillo ciclodopa de la betacianina es desplazado por un grupo amino o por un aminoácido; por lo que puede haber más de 200 betaxantinas (Figura 5). En la remolacha se encuentran la vulgaxantina I y vulgaxantina II, sustituidas por glutamina y ácido glutámico, respectivamente (Huang y Von Elbe, 1985). En los frutos del cactus *Opuntia ficus indica*, la principal betaxantina es la indicaxantina que contiene a un triptófano (Reynoso *et al.*, 1997).

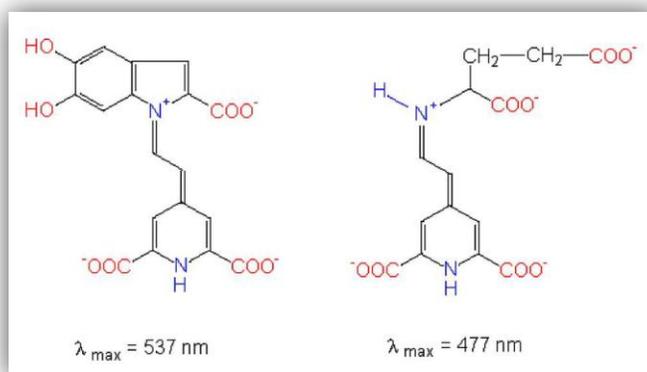


Figura 5. Fórmula general de las betacianinas (rojo-púrpura) y de las betaxantinas (amarillo).

Las betacianinas absorben luz a 537 nm y las betaxantinas a 480 nm. Puede ocurrir también la acilación si el grupo acilo está esterificado al azúcar, es decir, que se forme un éster entre el grupo carboxilo y un alcohol del azúcar. Los grupos acilo pueden ser: ácidos sulfúrico, málico, cítrico, 3- hidroxí-3-metilglutárico, *p*-cumárico, ferrúlico, cafeico y sinápico. (Wrol stand, 2000).

La estabilidad de las betalaínas es restringida, debido a que su color se altera por varios factores: pH, temperatura, actividad acuosa y luz; no se ha logrado la estabilización de estos pigmentos a través de acilación o sustitución de la molécula, aunque su estabilidad puede aumentar si se añaden antioxidantes como ácido ascórbico, E-321 o butil-hidroxi-tolueno (BHT) y E-320 o butil-hidroxi-anisol (BHA) (Lee *et al.*, 1982). Las betaxantinas se degradan con mayor rapidez que las betacianinas, además, por su color amarillo en general se enmascaran con las

betacianinas u otros compuestos presentes. Todas las reacciones de degradación se aceleran por la acción catalítica de algunos metales, principalmente el cobre (Huang y Von Elbe, 1986).

STEVIA

Desde épocas precolombinas los indígenas guaraníes ya empleaban la stevia como endulzante para sus alimentos y bebidas, por tal motivo la llamaron “ka’ahé”, que significa “hierba dulce”. En Paraguay fue descubierta en 1887 y caracterizada por el botánico suizo Moisés Santiago Bertoni (1857-1929), en 1905 recibió el nombre científico de *Stevia rebaudiana* Bertoni. (Figura 6).



Figura 6. Planta *Stevia Rebaudiana bertoni*

En su forma natural, la hoja de stevia de buena calidad es hasta 30 veces más dulce que el azúcar común de mesa (sacarosa), mientras que sus extractos tienen una potencia edulcorante de 100 a 300 veces mayor que el del azúcar (Ramírez, et al, 2011; López & Peña, 2004).

Las hojas son elípticas, ovales o lanceoladas, algo pubescentes y presentan el mayor contenido del edulcorante. (Herrera, et al, 2012). En su estado natural poseen gran cantidad de nutrientes, que en orden de concentración son:

- Más del 50%: carbohidratos de fácil asimilación.
- Más del 10%: fibras y polipéptidos.
- Más del 1%: lípidos, potasio.
- Entre el 0.3 y 1%: calcio, magnesio y fósforo.

- Menos del 0.01%: cromo, cobalto, hierro, manganeso, selenio, silicio, zinc. Indicios de ácido ascórbico, aluminio, beta caroteno C, estaño, riboflavina, vitamina B1.
- Algunos aceites esenciales.

En general, la stevia presenta características importantes como estabilidad al calor (198-200°C), a rangos de pH de 3 a 9 y no se fermenta.

Es ideal para los diabéticos ya que regula de forma natural los niveles de glucosa en sangre. Numerosos estudios han demostrado sus propiedades hipoglucémicas, ya que mejora la tolerancia a la glucosa. El glicósido presente en la stevia tiene una acción que mejora la circulación pancreática y por ende aumenta la producción de insulina reduciendo la glucosa de la sangre. (Ramírez *et al*, 2011).

La stevia contiene un sinfín de compuestos beneficiosos, tal es el caso de su contenido de antioxidantes, mismos que son reportados en un estudio realizado por Espert *et al* (2011) en la universidad de Valencia, España; se analizó concretamente la actividad antioxidante total, contenido en fenoles y flavonoides de extracciones acuosas de hojas deshidratadas de stevia, donde se lograron valores de actividad antioxidante de 31 mg trolox eq./g, una concentración de fenoles totales de 98 mg AG eq./g y de flavonoides de 67 mg catequina eq./g de stevia.

Con respecto a la toxicidad de la stevia, los investigadores Akashi y Yamamoto publicado 2012 establecieron que la dosis de stevia por vía oral que se requiere para la mortalidad del 50% de los sujetos de estudio (ratones), es de 15g/Kg de peso corporal, es decir, si se traslada esto a humanos, un adulto que pesa 60 kilos debe consumir 900 gramos de steviosidos, lo que equivale a consumir aproximadamente 225 kilos de azúcar de caña. Se puede deducir con amplia seguridad que difícilmente un humano va a consumir una cantidad similar para llegar a la toxicidad.

DESARROLLO DE ALIMENTOS FUNCIONALES O NUTRACEUTICOS

La Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos ha definido a los alimentos funcionales como alimentos que "engloban productos potencialmente saludables" en los que se incluye "cualquier alimento o ingrediente alimenticio modificado que pueda proporcionar un beneficio para la salud además de los nutrientes tradicionales que contiene" (Thomas *et al.* 1994).

Los productos nutracéuticos son otro concepto y se refieren a cualquier sustancia que pueda considerarse alimento o parte de un alimento y que tenga beneficios médicos o sanitarios, incluyendo la prevención y el tratamiento de enfermedades (Foundation for Innovation in Medicine, 2004). Sin embargo, parece que existe un acuerdo internacional bastante extendido en que no se va a permitir que ningún alimento lleve reivindicación alguna referente a tratamiento de enfermedades.

Los alimentos funcionales son alimentos, es decir, deben diferenciarse de los suplementos de la dieta y deben ser seguros. Estos productos pueden ser alimentos o ingredientes tradicionales en los que la experiencia haya demostrado que son inocuos. Los alimentos funcionales también pueden ser alimentos nuevos o contener ingredientes nuevos, ésto cuando haya cambiado significativamente el contenido de uno de sus componentes o ingredientes habituales, o si su nivel de consumo en una población varía, con riesgo de ocasionar desequilibrios dietéticos. En este caso, debe evaluarse su seguridad toxicológica y nutritiva según las reglas establecidas para esa nueva clase de alimento. (Foundation for Innovation in Medicine, 2004)

Concentrados de fruto

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-218-SSA1-2011) se define concentrado de frutas al producto para preparar bebidas saborizadas no alcohólicas, que se elabora a partir de derivados vegetales o, saborizantes naturales, idénticos a los naturales o sintético artificiales, adicionado o no de otros aditivos para alimentos y de ingredientes opcionales, destinado para su venta al consumidor.

Es el jugo de fruta al cual se ha eliminado físicamente el agua en una cantidad suficiente para elevar el nivel de grados Brix, al menos en un 50% más que el valor Brix establecido para el producto líquido obtenido al exprimir frutas sanas y maduras, y que sea sometido a las condiciones de almacenamiento adecuadas que aseguren su conservación en el envase. No debe contener corteza y semillas, ni materia extraña objetable. (Legiscomex/zumosfruta, 2005)

Usos

De acuerdo con la Comisión Europea 2005, este sector incluye los siguientes productos a base de concentrado:

Zumo de frutas designa el producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido a partir de frutas sanas y maduras, frescas o conservadas por el frío, de una o varias especies, que posea el color, el aroma y el sabor característicos de los zumos de fruta de la que procede. Se podrá reincorporar el aroma, la pulpa y las células que haya perdido con la extracción.

Zumo de frutas a base de concentrado es el producto obtenido al incorporar al zumo de frutas concentrado, el agua extraída en el proceso de concentración. El agua añadida deberá presentar las características adecuadas, especialmente desde el punto de vista químico, microbiológico y organoléptico, con el fin de garantizar las propiedades esenciales del zumo.

Zumo de frutas concentrado es el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies por eliminación física de una parte determinada del agua. Cuando el producto este destinado al consumo directo, dicha eliminación será de al menos un 50%.

Zumo de frutas deshidratado o en polvo es el producto obtenido a partir de zumo de frutas de una o varias especies por eliminación física de la totalidad del agua.

Néctar de frutas es el producto susceptible de fermentación, pero no fermentado, obtenido por adición de agua y de azúcares o miel, al puré de frutas o a una

mezcla de estos productos. Esta adición se autoriza en una cantidad no superior al 20% del peso total del producto acabado. (Legiscomex/zumosfruta, 2005)

VIDA ÚTIL

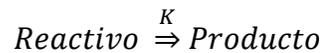
La vida útil de un alimento según Anzueto Carlos, 2012 se define como el periodo en el que un alimento mantiene características sensoriales y de seguridad aceptables para el consumidor, almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas.

La vida útil de un alimento es el tiempo que éste puede ser almacenado tras su fabricación hasta que se considera inadecuado para la venta o el consumo. La vida útil de un alimento empieza desde el momento en que se elabora y depende de muchos factores como el proceso de fabricación, el tipo de envasado, las condiciones de almacenamiento y los ingredientes. Su determinación es de gran importancia para la industria agroalimentaria ya que es necesario asegurar al consumidor que va a obtener la máxima calidad de producto durante un determinado periodo de tiempo después de la compra. La calidad microbiológica, nutritiva y sensorial de un alimento es un estado dinámico y por lo tanto en continuo cambio, lo que trae como consecuencia pérdidas de la calidad a lo largo del tiempo. (Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria, 2011).

El entendimiento de la estabilidad de un producto y los factores que la afectan, puede conducir a la optimización de su vida de anaquel y las predicciones relacionadas. Los factores claves incluyen: contenido de humedad, actividad de agua (A_w), pH y adición de preservativos antimicrobianos y antioxidantes. La actividad de agua se refiere a la cantidad de agua "libre", en un sistema, disponible para apoyar reacciones biológicas y químicas; cuanto más baja es la A_w menos viables son los microorganismos que contribuyen al deterioro del producto. (Anzueto, Carlos, 2012).

Valor de k

La velocidad de deterioro de un atributo considerado como un parámetro de calidad de un alimento, el cual determina su grado de aceptación o rechazo por parte del consumidor, se puede aproximar al comportamiento cinético de una reacción química:



Donde K, representa la velocidad de reacción o cambio. Para el caso específico de la variación de un atributo, K puede representar la velocidad de pérdida o aparición de un parámetro específico, tal como color, dureza, flexibilidad, crecimiento microbiano, etc.

Las características de calidad de un alimento se ve influenciado por sabor, textura, apariencia, inocuidad y seguridad, deberán cumplir con los siguientes tipos de estabilidad: microbiológica, química, física y sensorial, cuando un alimento en el momento en que algún parámetro dentro de estos aspectos se considera inaceptable el producto llega al final de su vida útil. (Anzueto, Carlos, 2012).

La vida útil depende de:

- Tipo de producto y sus propiedades físico- químicas, composición etc.
- Tipo de empaque y condiciones de almacenaje.

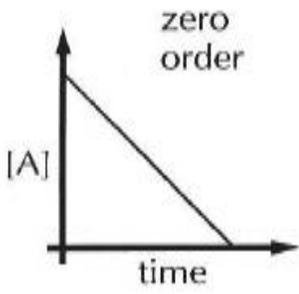
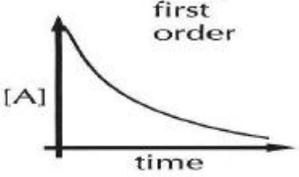
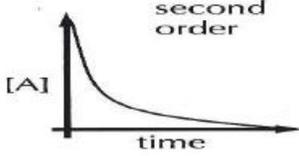
La vida útil va a depender de las características del producto, de las condiciones optimas de almacenaje, y la cantidad de aire (oxígeno).

Para la estimación de la vida útil es necesario lo siguiente (Anzueto, Carlos, 2012):

- La vida de un producto no es en función del tiempo si no de las condiciones ambientales y la cantidad de pérdida de calidad permisible.
- Es necesario identificar las formas de deterioro que afectan la calidad del producto
- Es necesario establecer el estándar de inaceptabilidad (atributo).
- Es importante conocer el orden y la velocidad de las reacciones de deterioro como función de las condiciones ambientales a las que estará sometido el producto.

La velocidad de deterioro depende de la variación del atributo seleccionado para cada alimento y puede mostrar diferentes comportamientos (Tabla 4):

Tabla 4. Ordenes de reacción, así como su información correspondiente (Torrez. A., *et.al.*, 2001, Rojas P.C., *et.al.*, 2010, Valencia. G.F.E., *et.al.*, 2012., R. Sánchez., *et.al.*, 2013).

Orden (n)	Comportamiento gráfico	Ecuación	Atributo
0	 <p>A graph showing a linear decrease of concentration [A] over time. The y-axis is labeled [A] and the x-axis is labeled time. The text 'zero order' is written above the graph.</p>	$A_0 - A_t = kt$	Alimentos con alto contenido de grasa o lípidos (predominan reacciones de oxidación, color, índice de acidez, sabor, olor, textura y viscosidad)
1	 <p>A graph showing an exponential decay of concentration [A] over time. The y-axis is labeled [A] and the x-axis is labeled time. The text 'first order' is written above the graph.</p>	$\ln(A_0/A_t) = kt$	Color, pérdida de capacidad proteica en alimentos deshidratados
2	 <p>A graph showing a curve that decays more rapidly than first order. The y-axis is labeled [A] and the x-axis is labeled time. The text 'second order' is written above the graph.</p>	$(1/A_t - 1/A_0) = kt$	Índice de peróxido

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de Bromatología, y Bioprocesos, los cuales se localizan dentro de las instalaciones del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, perteneciente a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sede Saltillo Coahuila, ubicada en Buenavista.

Material biológico

Se trabajó con pitaya roja perteneciente al género *Pachycereus*, de la especie *grandis*; originaria de Pitzotlán-Tepalcigo Morelos, México, la cual fue trasladada desde su lugar de producción hasta los laboratorios del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos ubicado en Saltillo Coahuila, México.

Materiales del laboratorio

A continuación se enlistan en la Tabla 5 los materiales empleados mientras que en la Tabla 6 se indican los reactivos requeridos para las pruebas y en la Tabla 7 el equipo utilizado.

Tabla 5. Materiales empleados en los diferentes análisis realizados

Agitador	Papel aluminio
Baño María	Pizeta
Celdillas para espectrofotómetro	Probeta (50 ml, 10 ml)
Frascos de plástico	Puntillas para Micropipeta
Gasas	Recipientes de aluminio
Gradilla	Recipientes de plástico
Matraz Erlenmeyer	Tubos de ensaye
Microespátula	Tabla y cuchillo
Micropipeta	Vasos de precipitados (1lt, 50 ml)
Mortero	

Tabla 6. Reactivos utilizados en los diferentes análisis

Acido gálico	Hidróxido de sodio
Agua destilada	Nitrito de sodio
Carbonato de sodio	Metanol al 80%
Catequina	Reactivo DNS
Cloruro de aluminio	Reactivo de folin
Fructosa	Stevia

Tabla 7. Equipos empleados en los diferentes análisis

Equipo	Marca	Modelo
Balanza analítica	Ohaus	Adventurer
Cámara bioclimática	Binder	KBF 115- UL
Colorímetro	Konica Minolta	CR400
Congelador	Torrey	CH25
Espectrofotómetro	Thermo Electron Corporation	Genesys 10UV
Horno de secado	Quincy Lab	40 Lab Oven
Multicuada de 4 aspas	Nutribullet	Magic Bullet
Parrilla	Thermo Scientific	Cimaret
Refrigerador	IEM	RIC7U04
Vortex	Benchmarck	BPR

METODOLOGÍA

El material biológico se recolectó en épocas de producción en el municipio de Tepalcigo en el estado de Morelos, previo a su conservación, procesamiento y análisis. (Figura 7).

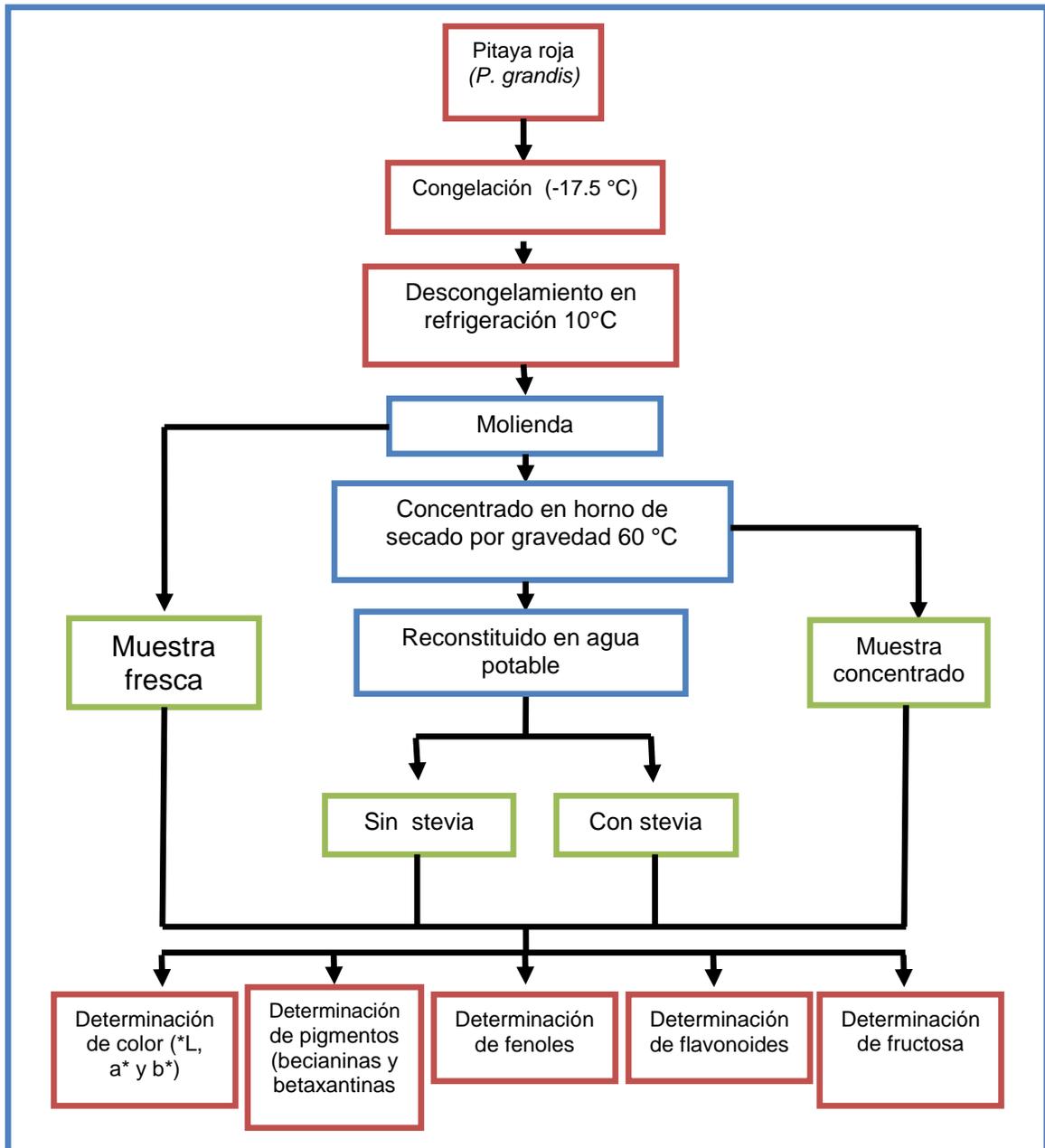


Figura. 7 Diagrama metodológico experimental.

Conservación por bajas temperaturas

El material biológico o materia prima de estudio es altamente perecedero y se encuentra en temporada de julio a septiembre, debido a esto se congeló a una temperatura de $-17.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para su conservación en un congelador marca Torrey.

Molienda de material biológico

Se tomaron aproximadamente 700 g de pulpa de pitaya congelada, para descongelar y dividir en 5 repeticiones de 100g cada una, se prosiguió con la molienda de cada repetición por separado, utilizando un extractor de cuatro aspas sin filo por 30 segundos aproximadamente, se vertió el producto en un recipiente de aluminio, después se cuantificó el peso obtenido de cada repetición y se tomó lo necesario para los siguientes análisis (Figura 8).

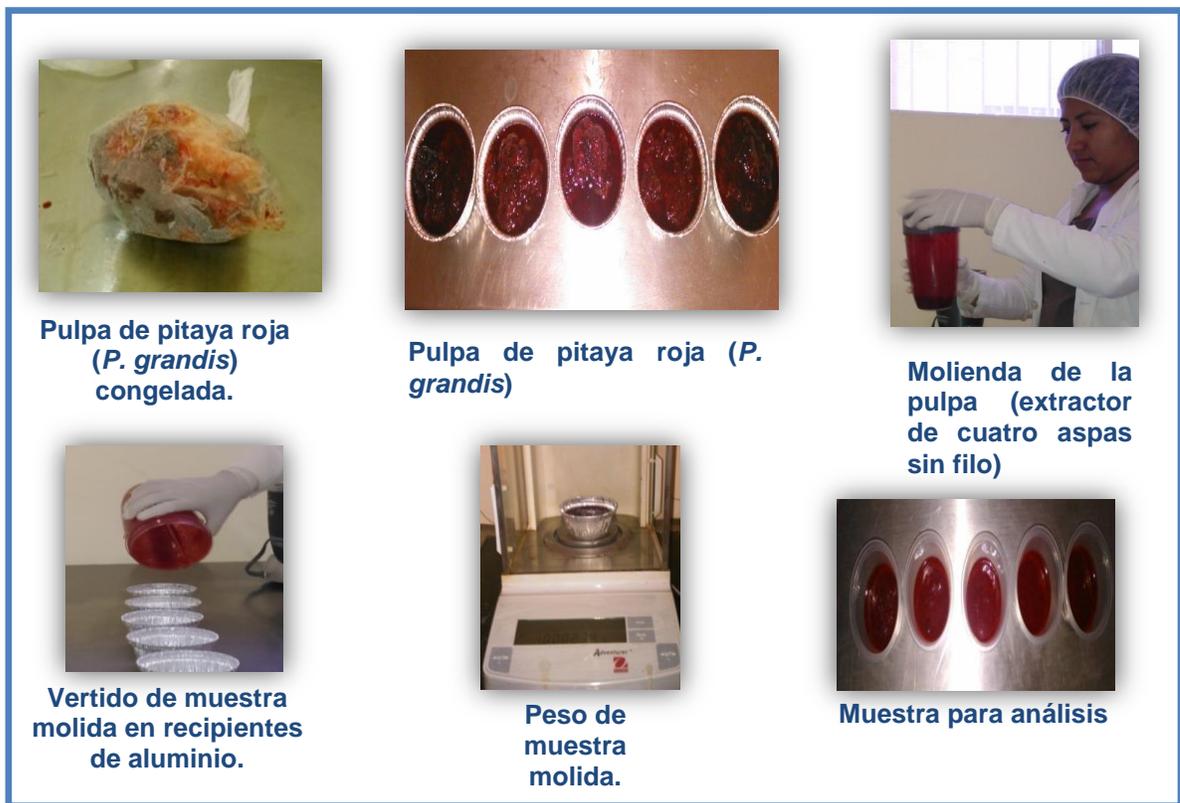


Figura. 8 Diagrama de la elaboración del concentrado

Obtención del concentrado

Cada muestra molida se sometió a una temperatura interna de 60°C por 90 minutos en horno de secado, transcurrido el tiempo se pesó cada una de las repeticiones y se tomó lo necesario para los análisis a realizar. (Figura 9).

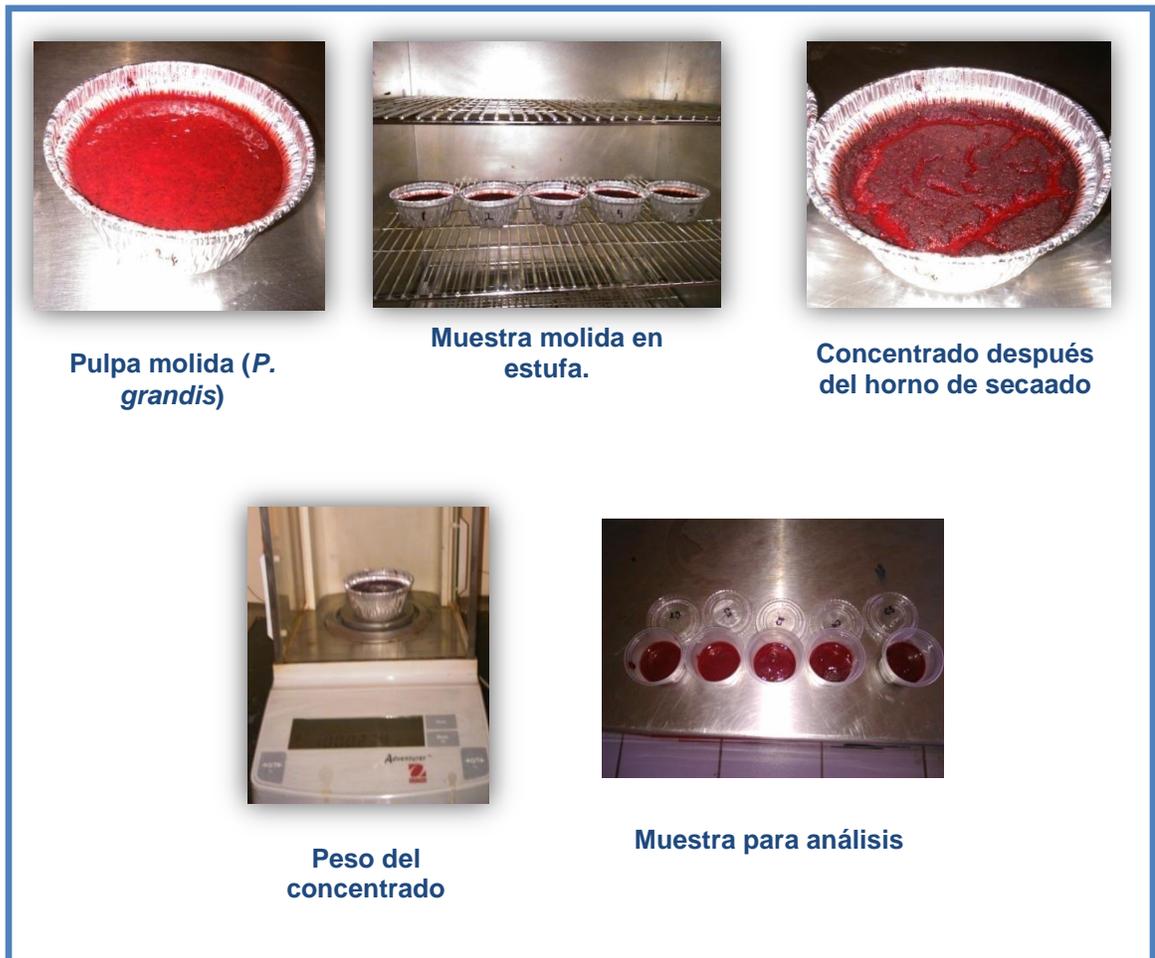


Figura. 9 Diagrama del proceso de concentración en horno de secado a 60 °C

Elaboración de los reconstituidos sin/con stevia

Para las 5 repeticiones de concentrado se elaboraron 4 reconstituidos de acuerdo a las siguientes formulaciones:

- 20 g de concentrado con 20g de agua
- 15g de concentrado con 25g de agua
- 10 g de concentrado con 30g de agua

- 5g de concentrado con 35g de agua

De cada una de las 5 repeticiones de los reconstituidos se tomó lo necesario para los análisis, el resto de cada uno se colocó en recipientes de plástico con tapa de rosca y se agregaron 0.24g de stevia, a partir de ellos, se tomó lo necesario para los análisis y los mismos se refrigeraron (Figura 10).



Figura. 10 Diagrama del proceso de los reconstituidos a base de concentrado de pitaya roja (*P. grandis*)

Análisis físico-químicos

Determinación de color

Para las pruebas de colorimetría aplicada se utilizó un colorímetro Konica-Minolta modelo CR400 obteniendo valores L^* a^* b^* . A continuación se describen cada una de las determinaciones:

- Para las 5 repeticiones de la pulpa de pitaya roja (*P. grandis*) previamente molida y colocadas en los recipientes de aluminio, se colocó el colorímetro

por encima de la muestra lo más cerca posible y se presionó el botón de toma de medición, de igual manera se realizó para las repeticiones de concentrados (Figura 11).

- Para los reconstituidos sin / con stevia, se tomó una pequeña muestra de cada una de las repeticiones de los reconstituidos, se colocó encima el colorímetro y se determinó el color (Figura 12).

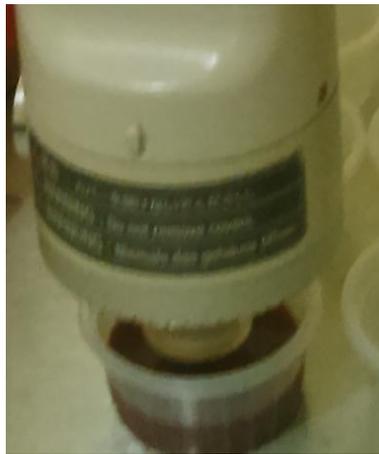


Figura 11. Lectura de color del concentrado



Figura 12. Lectura de color del reconstituido

Pigmentos

Para la cuantificación de betalaínas (Figura 13) se pesaron 5g de muestra, se adicionaron 40ml de metanol al 40%, se filtró a través de gasa y se midió el volumen; se colocaron 9 ml en un tubo de ensaye, para posteriormente homogeneizar en vortex, después se tomó el sobrenadante y se realizó la lectura en un espectrofotómetro de las absorbancias a las siguientes longitudes de onda:

- 538 nm para betacianinas.
- 483 nm para betaxantinas.



Figura. 13 Diagrama de proceso de la determinación de pigmentos

Con las lecturas de absorbancia obtenidas se calculó el contenido de betacianinas y betaxantinas mediante la siguiente ecuación:

$$B \left(\frac{\text{mg}}{\text{g}} \right) = \frac{A \times Fd \times PM \times V}{e \times P \times L}$$

Donde:

B= Contenido de betacianinas o betaxantinas.

A= Absorbancia a 538 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas.

Fd= Factor de dilución al momento de leer en el espectrofotómetro.

PM= Peso molecular.

Betanina: 550g/mol

Betaxantinas: 308 g/mol

V= Volumen del extracto.

e= coeficiente de extinción molar.

Betaninas: 60,000 L/mol * cm

Betaxantinas: 48,000 L/mol * cm

L= longitud de la celda (1cm).

P= Peso de la muestra (g).

Determinación de sustancias hipoglucémicas

Flavonoides

Para la cuantificación de flavonoides se tomó 1 ml de muestra diluida(1:10) a la que se le agregaron 1250 μ l de H₂O destilada y 75 μ l de NaNO₂ al 5%, se dejó reposar por 5 minutos, se agregaron 150 μ l de AlCl₃ al 10%, se reposó por otros 5 minutos para posteriormente añadir 500 μ l de NaOH 1M y 25 μ l de H₂O destilada (Figura 14), cada tubo se homogeneizó en vortex por 30 segundos para después reposar 30 minutos y finalmente leer absorbancia en espectrofotómetro a 510 nm (Figura 15). Con las absorbancias obtenidas se calculó el contenido de flavonoides en las muestra problema, a partir de una curva de calibración de flavonoides. (Anexo 7).



Figura. 14 Adición de reactivos

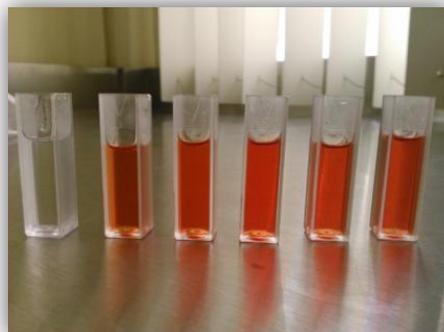


Figura. 15 Muestras preparadas para cuantificación de flavonoides

Fenoles

Se tomó 1 ml de muestra diluida (1:10) a la que se le agregaron 250 μ l de Folin y 125 μ l de Na₂CO₃ al 7.5 %, después se homogeneizó en vortex por 30 segundos, se dejó reposar por 30 minutos, para finalmente leer absorbancia a 760 nm (Figura 16) y calcular la concentración de fenoles a partir de una curva de calibración de fenoles. (Anexo 6).



Figura 16. Técnica para cuantificación de fenoles.

Fructosa

La cuantificación de fructosa se llevó a cabo mediante espectrofotometría a 560 nm, se colocó en cada tubo de ensaye 1ml de muestra diluida (1:10), a la que se agregaron 1000 μ l de reactivo DNS, para después colocar en baño María por 15 minutos, transcurrido el tiempo, cada tubo se colocó en baño de agua fría por 5 minutos para después adicionar 5ml de agua destilada. Se homogeneizó en vortex para finalmente leer absorbancia en el espectrofotómetro. (Figura 17). Los resultados se reportaron en mg/ml a partir de la curva de calibración y la ecuación para obtener los valores de fructosa en cada muestra. (Anexo 7).



Figura 17. Técnica para cuantificación de fructosa

Determinación de la velocidad de deterioro

Para la determinación de la velocidad de deterioro del concentrado de pitaya (*P. grandis*), se procedió a descongelar 550g de pitaya aproximadamente para obtener 5 repeticiones que pesaran 100g cada una, se colocaron en un extractor de cuatro aspas sin filo para su molienda, y colocarlas en el horno de secado a 60°C por 90 minutos, transcurrido el tiempo ya obtenido el concentrado se retiraron de la estufa, se pesó, se tomó el color de cada repetición y se retiraron 9 ml aproximadamente para los análisis correspondientes.

Se calibró la cámara bioclimática a una temperatura de 35°C y 60% HR, se colocaron en su interior los concentrados por 30min y transcurrido el tiempo se retiraron 9 ml de cada uno para los análisis, ésto se realizó hasta terminar todo el concentrado, los frascos con las muestras se almacenaron en el refrigerador para su posterior análisis. (Figura 18).

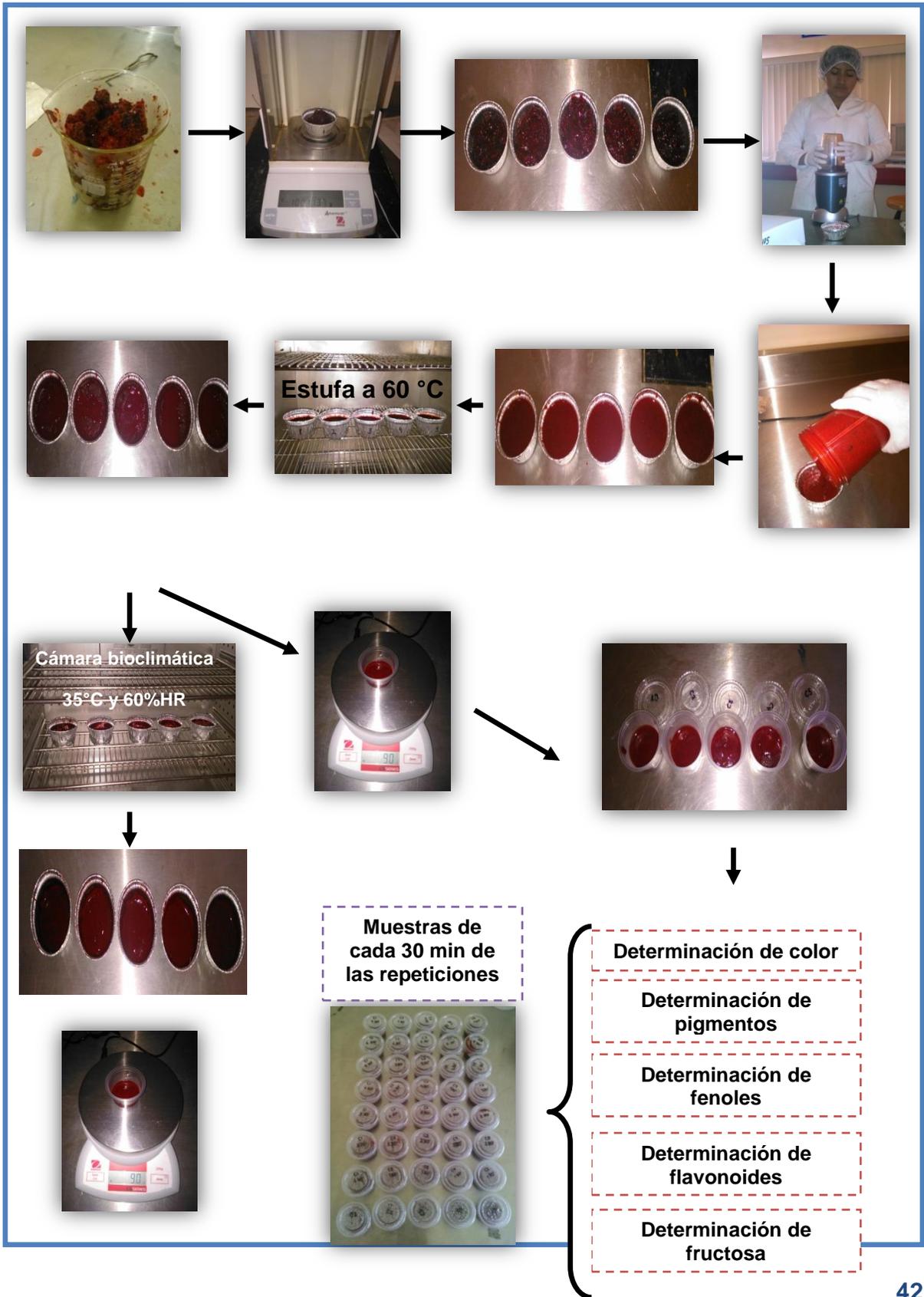


Figura. 18 Diagrama metodológico experimental para la determinación de la velocidad de deterioro

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó en dos etapas, la primera consistió en la comparación de la pulpa fresca molida de pitaya roja (*P. grandis*) en contra del concentrado (Anexo 1); para lo cual se realizó un análisis de varianza completamente al azar, las variables dependientes fueron las tres coordenadas de cromaticidad del colorímetro (L^* , a^* y b^*) así como la concentración de las betacianinas, las betaxantinas, los fenoles, los flavonoides y la fructosa (Anexo 2).

En el segundo análisis se aplicó un diseño factorial, donde el primer factor fue el uso de la stevia (Anexo 3) y el segundo fue el uso de la proporción de agua para la reconstitución (Anexo 4); se analizó el efecto de cada factor así como su interacción, además se llevó a cabo la prueba de Duncan para la separación de las medias correspondientes a las proporciones (Anexo 5).

El paquete computacional utilizado fue el SAS versión 9.0 y se utilizó un nivel de significancia de 0.05.

CAPITULO IV. RESULTADOS

Color (L*, a* y b*) y pigmentos (betacianinas y betaxantinas) en pulpa fresca y concentrado de pitaya (*P.grandis*)

De acuerdo al análisis estadístico se observa, que en la variable luminosidad no existe diferencia significativa entre la pulpa fresca y concentrado, sin embargo entre las coordenadas de cromaticidad a* y b* si existen diferencias significativas, lo cual nos indica que la coordenada a* se torna un color rojo más intenso en la pulpa fresca de pitaya roja (*P.grandis*) y en el concentrado se reduce casi a la mitad. En el caso de la coordenada b* se logra apreciar como la pulpa fresca tiene un mayor valor, lo que hace que el color rojo característico de la pitaya se conserve, por lo que en el concentrado este color se pierde y se torna más opaco (Tabla 8).

Tabla 8. Medias para cada variable observada respecto al producto fresco y concentrado

	L	a*	b*	Betacianinas	Betaxantinas
Fresco	27.74	20.56	4.18	0.099	1.097
Concentrado	26.43	10.43	-0.83	0.079	0.2

En relación a las betacianinas tanto en fresco como en concentrado, no presentan diferencias significativas ya que este tipo de pigmento se mantiene aun aplicando un tratamiento térmico, caso contrario en las betaxantinas, cuya concentración en la pulpa fresca presenta una media de 1.097mg/ml y al aplicar el tratamiento térmico se tiene una disminución importante, ya que en el concentrado se obtuvo

una media de 0.2 mg/ml, lo que indica que se pierde este pigmento casi en su totalidad, como se observa en la Tabla 8.

Los resultados nos muestran que al aplicar un tratamiento térmico en la pulpa se pierde uno de los pigmentos como lo son las betaxantinas, de igual manera se pierde el color rojo brillante de la pitaya (*P. grandis*) dando un color rojo opaco.

El color de las frutas se debe a los pigmentos localizados en los plastos, vacuolas y en el líquido citoplasmático de las células. La pigmentación de la piel en la mayoría de frutos varía durante el período de crecimiento y durante la maduración. La clorofila es el pigmento verde presente en los frutos jóvenes, a medida que las frutas maduran se produce un viraje de color, como consecuencia de la desaparición de ésta y de la formación de nuevos pigmentos. (Clydesdale y Francis, 1985).

Las antocianinas se encuentran en la piel, pero también se pueden encontrar en la porción carnosa de las frutas y se hallan disueltas en el jugo celular. Sus colores son rojos, azules o violetas. El color de cada antocianina depende de su estructura química, del pH al que se encuentra y de la presencia de sales con las que interaccione. Estos pigmentos son poco estables, la presencia de oxígeno, la temperatura, tanto durante el procesado como en el almacenamiento, y otros factores como la luz y el pH influyen en la pérdida del color de las mismas (Villota y Hawkes, 1992).

Estudios realizados sobre estabilidad de betalaínas mencionan que tiene su máxima estabilidad a bajas temperaturas como lo son las temperaturas de congelación (García, 1998; Reynoso, 1997).

Los tratamientos térmicos a temperaturas altas producen una oxidación provocando un pardeamiento debido a la activación de reacciones enzimáticas (Hernández 2009), dando como resultado mayor opacidad en el concentrado, por lo tanto al someter la pulpa fresca a una temperatura de 60°C no se produce el efecto anterior, por tal motivo no se presenta una diferencia significativa en el

factor de luminosidad, pero si se reducen las betaxantinas por la temperatura empleada.

Sustancias hipoglucémicas

Fenoles flavonoides y fructosa

En el análisis estadístico se encontró entre la pulpa molida fresca y el concentrado que si existe diferencia significativa en las variables: fenoles, flavonoides y fructosa, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Medias para cada variable observada respecto al producto fresco y concentrado

	Fenoles (mg/ml)	Flavonoides (mg/ml)	Fructuosa (mg/ml)
Fresco	0.142	1.22	40.8
Concentrado	0.078	2.11	73.06

Para los fenoles, la pulpa fresca presentó una media de 0.142mg/ml y el concentrado una concentración promedio de 0.078mg/ml, lo cual indica que se reducen aproximadamente a la mitad estos compuestos aplicando un tratamiento térmico. Presentando un comportamiento inverso, los flavonoides tuvieron un valor mayor en el concentrado, con una media de 2.11 mg/ml, mientras que en pulpa molida fresca fue de 1.22 mg/ml, caso similar sucede con la fructosa, en el concentrado la media es de 73.06 mg/ml, mientras que en el fresco fue de 40.8 mg/ml, lo cual indica que una vez sometida la pulpa molida fresca de pitaya a temperatura de 60°C pierde humedad y ésta sustancias se concentran.

Los resultados para fenoles coinciden con Vázquez (2014) ya que reporta que el contenido de fenoles en extracto de nopal fresco es mayor, presentando menos concentración de éstos en extracto de nopal pasteurizado.

Villegas (2005) menciona que el oscurecimiento enzimático es ocasionado por la presencia de oxígeno provocando una disminución en el contenido fenólico. Comparando los resultados obtenidos en fenoles se puede concluir que la disminución se presenta en el concentrado y en la pulpa fresca se conserva, debido a lo cual, al someterlo a un tratamiento térmico a temperatura de 60°C y con la presencia de oxígeno los fenoles se pierden.

De acuerdo a Vázquez (2014) el contenido de flavonoides en extracto de nopal fresco es mayor que al darle un tratamiento de pasteurización, lo cual difiere con lo encontrado en este trabajo, pero tomando en cuenta que se evaluó pitaya roja (con mayor concentración de flavonoides) la diferencia puede deberse a que estos compuestos bioactivos tienen capacidad antioxidante, es decir, pueden atrapar radicales de oxígeno, nitrógeno así como radicales orgánicos, sirviendo esto como mecanismo de defensa ante los cambios de temperatura que se presentan. (Odriozala 2009) En general los flavonoides son de color amarillo y naranja, pero participan muy poco en la coloración de las frutas, son más estables que las antocianinas al calor y a las reacciones de oxidación. (Primo, 1979).

En relación a la fructosa, los resultados presentados en la Tabla 8 indican que es menor la cantidad en fresco pero aumenta en el concentrado. El comportamiento puede ser debido a que la cantidad de fructosa aumenta con la temperatura, ya que afecta la actividad enzimática y aumenta los niveles de fructosa, como acción de defensa contra el oxígeno (Galvis 2002). La fructosa, como azúcar no reductor, sólo interviene en la reacción una vez que se ha producido su hidrólisis, que se ve favorecida por pH ácidos y elevadas temperaturas (Shallenberger y Mattick, 1983). De acuerdo a la literatura citada se observa que al aumentar la temperatura la fructosa es favorecida ya que esta se concentra y aumenta.

Concentrado con /sin stevia

De acuerdo al análisis estadístico del uso de stevia, se encontró que existe diferencia estadísticamente significativa en casi todas las variables. Para la luminosidad en el concentrado sin stevia se tiene un valor menor en comparación

con el resultado obtenido cuando le agregamos stevia, ésto nos indica que al agregar stevia el color rojo característico de la pitaya (*P. grandis*) es más brillante. Para la coordenada de cromaticidad a* sin stevia el color rojo de la pitaya es menor que al

Tabla 10. Medias para cada variable observada respecto al uso de stevia.

	L	a*	b*	Betacianinas mg/ml	Betaxantinas mg/ml
Sin stevia	23.17	8.00	2.56	0.094	0.16
Con stevia	30.04	10.15	-0.17	0.054	0.09

agregarle stevia ya que el color rojo se incrementa, para la coordenada b* se logra observar que al agregar stevia el valor para la coordenada disminuye lo cual indica que la coloración amarillenta se vaya perdiendo al agregar stevia como se observa en la Tabla 10.

La stevia usada como edulcorante de comidas y bebidas, presenta un color verdoso, se usa como realzador de sabor, color y como edulcorante en bebidas, zumos y concentrados, lo que hace que aumente el color de las frutas porque tiene un poder fijador y esto conlleva a que estos compuestos se incrementen. (Delgado, et al, 2009).

Para las betacianinas y betaxantinas en los concentrados con stevia, el contenido disminuye de 0.094mg/mL a 0.054 mg/mL y de 0.16mg/mL a 0.09mg/mL, respectivamente, por lo que si existe diferencia estadísticamente significativa, lo

que hace que las cantidades de los dos pigmentos disminuyan al agregar stevia al concentrado de pitaya roja (*P. grandis*).

La estabilidad de las betalaínas es restringida, debido a que su color se altera por varios factores: pH, temperatura, actividad acuosa y luz; no se ha logrado la estabilización de estos pigmentos a través de acilación o sustitución de la molécula de otros

	Fenoles	Flavonoides	fructosa
Sin stevia	0.089	0.747	23.77
Con stevia	0.682	1.211	26.57

antioxidantes. (Lee *et. al.*, 1982).

Las betaxantinas se degradan con mayor rapidez que las betacianinas, además, por su color amarillo en general se enmascaran con las betacianinas u otros compuestos presentes. Todas las reacciones de degradación se aceleran por la acción catalítica

de **Tabla 11. Medias para cada variable observada respecto al uso de stevia.** algunos metales.

(Huang y Von Elbe, 1986).

En los resultados obtenidos para las variables fenoles, flavonoides y fructosa si existe diferencia estadísticamente significativa, ya que los compuestos fenólicos aumentaron al doble de la cantidad original cuando se agregó stevia, caso similar ocurrió con los flavonoides tal y como se observa en la Tabla 11.

La stevia contiene un sin fin de compuestos beneficiosos, tal es el caso de su contenido de antioxidantes, mismos que son reportados en un estudio realizado por Espert *et al* (2011) en la universidad de Valencia, España; se analizó concretamente la actividad antioxidante total, contenido en fenoles y flavonoides de extracciones acuosas (método convencional) de hojas deshidratadas de stevia, donde se lograron valores de actividad antioxidante de 131 mg trolox eq./g stevia a 90 °C 20 min; de fenoles totales en proporción de 98 mg AG eq./g stevia a 70 °C 20 min y de flavonoides de 67 mg catequina eq/g stevia a 100 °C 20 min. Resultados que refuerzan el hecho de que estos compuestos aumentan en el concentrado de pitaya cuando agregamos stevia.

Para las muestras sin stevia, la fructosa del concentrado oscilaba alrededor de 23.77mg/mL por lo que era de esperarse que al agregar la stevia el contenido de fructosa aumentara, como se observa en la Tabla 11.

El poder edulcorante del principio activo depende de la forma en la que se encuentre la planta; es decir, en su forma natural es de 10 a 15 veces más dulce que el azúcar común de mesa, y el extracto en su forma líquida tiene un poder endulzante aproximadamente 70 veces mayor que la sacarosa, mientras que los extractos refinados de stevia, llamados esteviosido (polvo blanco conteniendo 85-95% de esteviosido) son 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa (Ramírez *et. al.*, 2011), motivo por el cual el sabor de los concentrados es más dulce al adicionar stevia.

Reconstituidos con /sin stevia

Se realizó una prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones agua: concentrado, como era de esperarse, en las diferentes proporciones de dilución con agua hay diferencia estadísticamente significativa en las coordenadas a* y b*, con la excepción de la variable luminosidad, que presenta una diferencia numérica sin llegar a ser significativa.

Lo relevante de los resultados para la luminosidad es que la proporción 1:1.67 presentó mayor cantidad en cuanto al color rojo más brillante, esto de acuerdo a la

cantidad de concentrado con agua se esperaba que la proporción 1:1 tuviera mayor luminosidad. En las proporciones 1:1 y 1:3 la luminosidad es semejante y la proporción 1:7 presentó la menor luminosidad. La proporción de concentrado se disminuyó conforme a la proporción de agua y esto conlleva a que los valores de luminosidad y coordenadas a^* y b^* disminuyan conforme se aumenta la cantidad de agua y el color rojo característico de la pitaya disminuya (Figura 19).

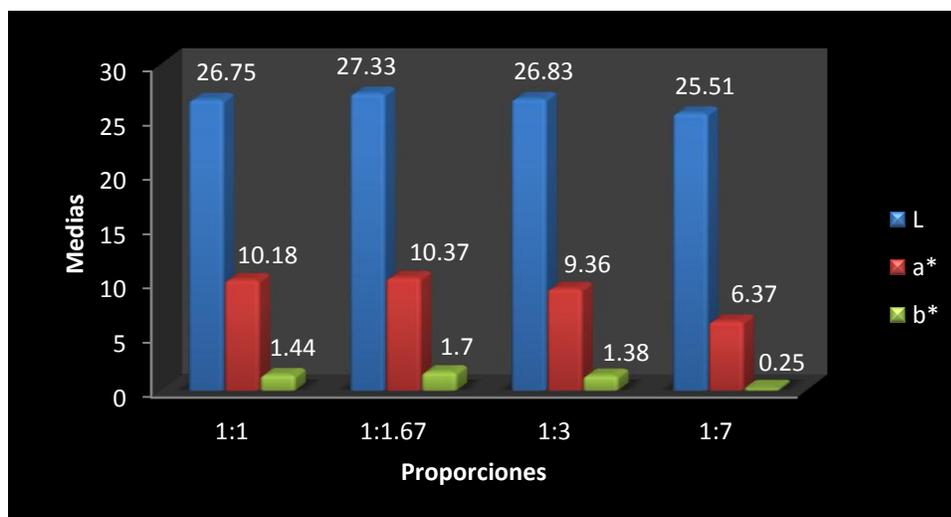


Figura 19. Prueba de Duncan para las medias L^* , a^* y b^* respecto a las proporciones

Tanto en la coordenada a^* y b^* la proporción 1:1.67 presentó mayor saturación con una media en a^* de 10.37 y b^* de 1.7, seguido de la proporción 1:1 con una media en a^* de 10.18 y b^* de 1.44, de acuerdo a la gráfica se observa que la proporción 1:3 está en tercer lugar de acuerdo con una media para a^* de 9.36 y b^* 1.38 posteriormente la más baja es la proporción 1:7 con una media en a^* de 6.37 y b^* de 0.25. (Figura 19).

Como se logra observar en la gráfica de acuerdo a las proporciones, las cantidades de los dos tipos de betalaínas fueron disminuyendo conforme se agregó la proporción de agua. La cantidad de betacianinas fue disminuyendo de 0.092 mg/mL a 0.05 mg/mL, y las betaxantinas se comportaron en forma decreciente de 0.17mg/mL a 0.07mg/mL, lo cual nos indica que al agregar stevia a los reconstituidos las cantidades se acentúan negativamente disminuyendo las cantidades de betacianinas y betaxantinas (Figura 20).

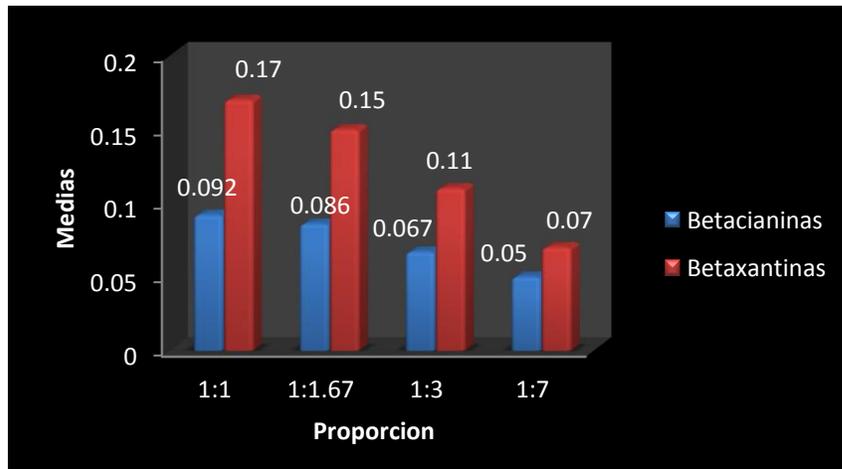


Figura 20. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para betacianinas y betaxantinas

En la gráfica se logra observar como la cantidad de fenoles y flavonoides aumentó cuando se mezcló el concentrado, el agua y la stevia, lo cual nos indica que al realizar los reconstituidos estos compuestos aumentan. Por lo que se tiene una mayor cantidad que en la pulpa de la pitaya roja (*P.grandis*), en cuanto a las proporciones la que contiene la mayor cantidad de estos compuestos es la proporción 1:1 seguidas por las otras en orden decreciente (Figura 21).

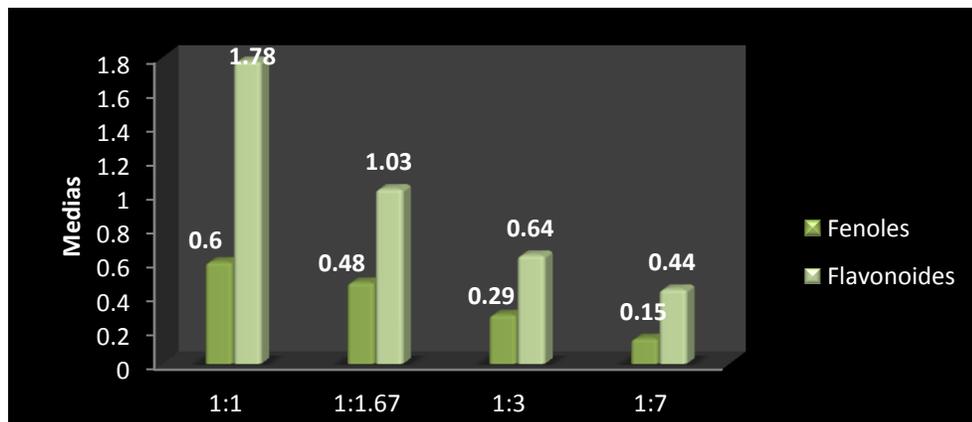


Figura 21. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para fenoles y flavonoides

De acuerdo a la gráfica de la Figura 22, las cantidades de fructosa en las proporciones se obtuvieron de forma decreciente como era de esperarse, esto sin importar que la cantidad de stevia agregada a cada reconstituido fue la misma, lo cual nos indica que la stevia no aumenta la cantidad de fructosa en los reconstituidos.

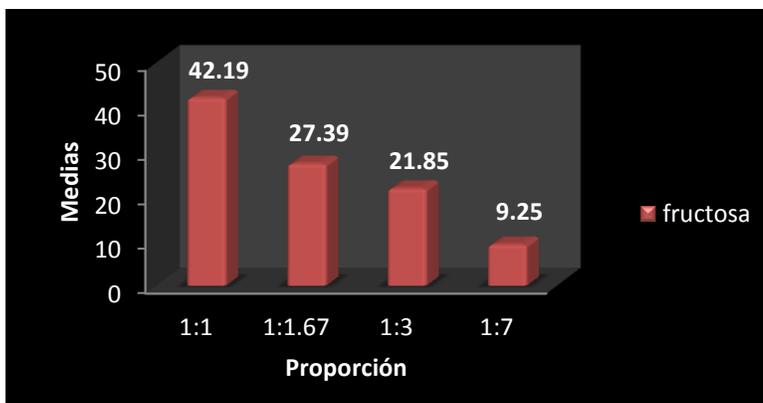


Figura 22. Prueba de Duncan para las medias respecto a las proporciones para fructosa

Como se puede observar en las gráficas, la mejor proporción fue la 1:1.67 de acuerdo a los parámetros de L, a*, b*, betacianinas, betaxantinas, fenoles, flavonoides y fructosa. En las variables betacianinas, betaxantinas, fenoles y flavonoides se presentó interacción, lo que indica que los resultados al adicionar la stevia se acentúan negativamente con ciertas proporciones de agua, para el caso de betacianinas y betaxantinas y positivamente en el caso de fenoles y flavonoides.

Velocidad de deterioro

De acuerdo a los resultados de la velocidad de deterioro del concentrado en relación al tiempo y los valores de los atributos, se realizó una gráfica de dispersión lineal en Excel, en el que se llevó a cabo un ajuste lineal para obtener la ecuación y con ello calcular la pendiente (m) y así posteriormente determinar el valor de K ($A_t = A_0 - kt$) con la ecuación de orden cero.

Tabla 12. Valores promedio de K para cada uno de los concentrados evaluados.

Concentrados Atributo	1 (K)	2 (K)	3 (K)	4 (K)	5 (K)
Color	0.2113	0.6194	0.7271	0.9012	-0.0717
Betacianinas	-0.0012	0.0017	0.0044	0.0025	0.0017
Betaxantinas	0.005	0.0063	0.0053	0.0056	0.0054
Fenoles	-0.1294	-0.1326	-0.1603	-0.129	-0.108
Flavonoides	-0.0162	0.0142	0.0971	0.0241	0.0312
Fructosa	-0.0748	-1.9641	0.0172	-1.1357	-0.6064

Donde: C = Concentrado

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 12 para cada atributo hubo pérdida significativa. (Anexo 15).

En el atributo de la luminosidad del concentrado este incremento en todas las repeticiones con esto se logra que entre más tiempo se exponga a una humedad relativa con cierto tiempo este pierde humedad y el color rojo característico de la pitaya (*P. grandis*) aumenta, pero en el valor de C5 se observa que fue la única repetición que disminuyó (Anexo 9).

Para el atributo betacianinas se observa que los valores de C2 Y C5 son iguales aumentan la misma cantidad de 0.0017 mg/mL, para C3 y C4 aumentan casi el doble de la cantidad de los dos anteriores, pero el valor de C1 difiere de los anteriores esta disminuye 0.0012mg/ml como se observa en el anexo 10. Caso contrario pasa con las betaxantinas que todas aumentan en el valor de K para todas las repeticiones (Anexo 11).

De acuerdo a la Tabla 12 se logra observar que para los fenoles este compuesto conforme se aumento el tiempo mayor fue la velocidad de pérdida que se obtuvo como se aprecia en el Anexo 12, en el caso de los flavonoides todos los valores de K aumentaron, el único que disminuyo fue C1 con un valor de -0.0162 mg/ML como se aprecia en el Anexo 13.

Para el contenido de fructosa se observa que en todos los valores de K disminuyeron, el único valor que aumentó fue el de C3 con 0.0172 mg/ml como se observa en el anexo 14.

El valor de K en el concentrado se determinó con la finalidad de observar los atributos que disminuyen o aumentan en un determinado tiempo con una cierta humedad relativa, los resultados obtenidos con las diferentes variaciones pudieron deberse a el tiempo, la humedad relativa, el ambiente, o la cantidad de oxígeno a la que se somete el alimento, así como también al modo de tomar las muestras para su análisis.

Con esto se puede observar que C3 es la mejor de todas ya que solo en el atributo de los fenoles es en donde disminuye en todos los otros atributos aumentan los valores (Anexo 15).

CAPITULO V

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, se llega a la conclusión de que se puede aprovechar la pulpa de la pitaya (*Pachycereus grandis*) en la elaboración de un concentrado, que al someterlo a una temperatura de 60°C aumenta la concentración de compuestos como flavonoides y fructosa pero también disminuye la de sus dos pigmentos (betacianinas y betaxantinas).

Por otra parte al formular los reconstituidos con stevia, se logró obtener con los resultados estadísticos el reconstituido de mejor calidad, que fue el de la proporción 1:1.67 con el que se generó una bebida con un calor rojo característico de la pitaya (*P. grandis*) y potencial antioxidante e hipoglucémico.

La velocidad de deterioro de los concentrados estableció que el valor de K3 fue el de mayor calidad ya que la mayoría de los atributos de interés aumentaron, a excepción de los compuesto fenólicos.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias, S. y Terrazas, T. 2009. Taxonomic revision of *Pachycereus* (Cactaceae). *Systematic Botany*. Págs 34:68-83.

Arthur C. Guyton. *Tratado de Fisiología Medica*. Nueva Editorial Interamericana. España, 1971. Págs 965.

Cartaya O. E Reynaldo I.; *Flavonoides; Características Químicas Y Aplicaciones Cultivos Tropicales*; 2001, La Habana Cuba, Vol. 22, No. 2. Págs. 5-14.

Clydesdale M. Fergus. 2000. Natural Pigments. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. Págs 40. 173 – 281.

Delgado, L., Torres, M. A., Pérez, C.A., Calero, A., 2009. Extracción y caracterización de los glicósidos de la Stevia rebaudiana. Revista INGENIUM, N°8, Febrero. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181220525077>> ISSN 0253-5688.

Davis Stephen, Granner Dary; 1994; Insulina, fármacos hipoglucemiantes orales y Propiedades farmacológicas del páncreas endocrino

Espert, M., Periche, A., Heredia, A., Castelló, M.L. 2011. Aplicación de ultrasonidos o energía de microondas a la extracción de compuestos antioxidantes en infusiones en hoja de stevia. Escuela técnica superior de ingeniería agronómica y del medio natural. Universidad Técnica de Valencia, España.

Fagetti Antonella, profesora- investigadora, Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Fundamento de la medicina tradicional mexicana, 2004.

Ford M, L, Morales (2004), El sistema público de salud incluyente – SPSI – Preliminar documento instancia Nacional de Salud, Pág. 78.

Francis, F.J. y Lauro, G.S. 2000. Natural food colorants. Science and technology. Marcel Dekker, Inc. Nework.

Franco Zavaleta, M. 2004 Caracterización parcial del pigmento rojo del fruto de jiotilla (*Escontria chiotilla*) una cactácea subexplotada. Tesis de maestría en biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México D.F.

García Barrera F, Reynoso C y González de Mejía E. 1998. Stability of Betalains extracted from garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). Food science and technology international. 4(2), 115-120.

Galvis J.; Arjona H.; Fisher G.; Influencia De La Temperatura Y El Tiempo De Almacenamiento En La Conservación Del Fruto De Mango (Manifera Indica L.) Variedad Van Dyke; 2009; Colombia.

Harris M, Zimmet P. Classification of diabetes mellitus and other categories of glucose intolerance. In Alberti K, Zimmet P, Defronzo R, editors. International Textbook of Diabetes Mellitus. Second Edition. Chichester: John Wiley and Sons Ltd; 1997. Págs 9-23.

Heuer, S., Ritcher, S., Metzenger, J. W., Wray, V., Nimtz, M y Strack, D 1994. Betacyanins from bracts of *Bougainvillea glabra*. *Phytochem*. Págs 37: 761.

Hernández Valdez C.; Acción Y Efectos De La Polifeloxidasa En Alimentos; 2009; México.

Herrera F., Gómez R., Gonzales C., 2012, El cultivo de Stevia (Stevia rebaudiana), Bertoni en condiciones agroambientales de Nayarit, México, INIFAP, Folleto Técnico No. 19.

Huang, A.S. y Von Elbe, J.H. 1985. Kinetics of the degradation and regeneration of betanine. *J. Food Sci*. Págs 51-670.

Jacobo Paez Sandra, Comparación de Sustancias hipoglucemicas presentes en pitaya roja (*Pachycereus grandis*), congelada y refrigerada, expuesta a una concentración a altas temperaturas por dos métodos diferentes, 2014. Págs 64-71.

Lee, Y.N., Wiley, R.C., Sheu, M.J. y Schlimme, D.V. 1982. Purification and concentration of betalaines by ultrafiltration and reverse osmosis. *J. Food Sci.*, 47:465.

Leo P. Krall & Richard S. Beaser. Joslin Diabetes Center. Joslin Diabetes Manual Lea &Febiger. Filadelfia 1989. Págs. 15 -17.

Levenspiel, Octave. Ingeniería de las Reacciones Químicas. Editorial Reverté. Barcelona. 1978.

López L. C. 1993. Establecimiento de Líneas Sobreproductoras de Pigmentos a partir de cultivos in vitro de *beta Vulgaris L.* Tesis de licenciatura, Facultad de Química, UADY.

Martínez Flórez, González Gallego, Culebras Y Tuñón; Los Flavonoides; Propiedades Y Acciones Antioxidantes; 2002; España

Melchor Alpizar Salazar. Guía para el Manejo Integral del Paciente Diabético. Editorial el Manual Moderno, Mexico, D.F., 2001. Págs. 19-21. Fascículo I.

Mercado Bañuelos Y Granados Sánchez; La Pitaya, Biología, Ecología, Fisiología, Sistemática Etnobotánica; 2002; Universidad Autónoma Chapingo, México.

Muñoz V., Lizana A.; Galletti L.; Efectos De La Fluctuación Térmica En Post-Cosecha Sobre Carotenos Y Azúcares De Frutos De Mangos (*Mangifera Indica L.*) Ev Piqueño; 1998; Chile.

Odrizola Serrano I.; Obtención De Zumo Y Frutos Cortados Con Alto Potencial Antioxidante Mediante Tratamientos No Térmicos.

Pimienta, B., E. y P.S.Nobel, 1994. Pitaya (*Stenocereus spp.* Cactaceae) an ancient and modern fruit crop of Mexico. *Economic Botany*. Págs 46: 76 – 83.

Ramírez, J. G., Aviléz, W., Moguel, O. Y., Góngoras, G. S., May, C., 2011. *Stevia* (*Stevia rebaudiana* Bertoni) un cultivo con potencial productivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Mérida, Yucatán, México. Pág. 88.

Reynoso, R., García, F.A., Morales, D.A. y González, E. 1997 Stability of betalain pigments from a Cacteaceae fruit. *J. Agric. Food Chem.* Págs 45: 2884.

Ross JA, Kasum CM. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety. *Annu Rev Nutr* 2002. Págs. 22: 19-34.

Sax NI, Lewis RL. *Hawley Diccionario de química y de productos químicos*. 2ª ed. Barcelona: Omega 1993.

Sun J, Chu YF, Wu X, Liu RH; Actividad Antioxidantes Y Antiproliferativas De Algunas Frutas; 2008; EE. UU. New York.

Thomas, P.R., Earl, R (eds.) Enhancing the food supply. En Opportunities in the Nutrition and Food Sciences, Págs. 98-142, Washington, DC, National Academy Press, 1994.

Vázquez Alfaro María de Lourdes, Evaluación de sustancias hipoglucemiantes en extracto de nopal (*Opuntia ficus-indica*) en fresco y pasteurizado, obtenido mediante cuatro métodos de extracción, 2014.

Weller, T. A. y Lasure, L.L. 1982. Betalains in beet root tissue culture, J. Food Sci. Págs 47:162.

World Health Organization. Prevention of diabetes mellitus. Report of a WHO Study Group. Geneva: World Health Organization; 1994. No. 844.

Wrostand, R. E. 2000. Colorants. *Food chemistry and applications*. Ed. G.L. Christen y J.S. Smith. Science Technology System. West Sacramento, California.

REFERENCIAS INFORMÁTICAS

- American Diabetes Association. Standards of medical care in diabetes; 2013. Diabetes Care.
- Asociación Mexicana de la Diabetes. Diabetes Mellitus. Disponible en internet, sitio Web: <http://www.geocities.com/diabetesac/diabasic.html>
- Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, Universidad de Santiago de Chile. (<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85615195001>)

- Centro Nacional de Tecnología y Seguridad Alimentaria (<http://www.aditechcorp.com/catalogos/cnta-vidautil.pdf>).
- <http://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/zumosfruta.pdf>
- <http://www.edualimentaria.com/frutas-hortalizas-frutos-secoscomposicion-propiedades>
- <http://www.idf.org/diabetesatlas/5e/es/que-es-la-diabetes>
- http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/documentos/diabetes_mellitus.pdf
- <http://www.ecoagricultor.com/la-stevia-y-sus-propiedades/>
- <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/769/1/pfc2731.pdf>
- Norma Oficial Mexicana NOM-015-SSA2-2010, para la Prevención, Tratamiento y Control de la Diabetes Mellitus (http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5168074&fecha=23/11/2010).
- Norma Oficial Mexicana NOM-218-SSA1-2011, Productos y servicios. Bebidas saborizadas no alcohólicas, sus congelados, productos concentrados para prepararlas y bebidas adicionadas con cafeína. Especificaciones y disposiciones sanitarias. Métodos de prueba.
- www.fda.gov, www.fda.gov/AboutFDA.

ANEXOS

Anexo 1: Concentrado de las tablas ANVA para los factores de uso de producto fresco o concentrado.

	GL	SC	CM	Fc	Pr>F
L	1	4.26	4.26	0.59	0.46
a*	1	256.74	256.74	12.29	0.008

b*	1	63.15	63.15	105.78	0.0001
Betacianinas	1	0.0009	0.0009	2.57	0.14
Betaxantinas	1	2.012	2.012	1684.32	0.0001
Fenoles	1	0.01	0.01	150.48	0.0001
Flavonoides	1	2.01	2.01	21.41	0.0017
Fructuosa	1	2601.47	2601.47	26.1	0.0009

Anexo 2: Medias para cada variable observada respecto al producto fresco y concentrado.

	L	a*	b*	Betacianinas	Betaxantinas
Fresco	27.74	20.56	4.18	0.099	1.097
Concentrado	26.43	10.43	-0.83	0.079	0.2

	Fenoles	Flavonoides	Fructuosa
Fresco	0.142	1.22	40.8
Concentrado	0.078	2.11	73.06

Anexo 3: Concentrado de las tablas ANVA para los análisis factoriales del uso de stevia, las proporciones y la interacción de éstas.

		GL	SC	CM	Fc	Pr>F
L	Uso de Stevia	1	471.83	471.83	211.74	0.0001

	Proporción	3	17.95	5.98	2.69	0.063
	Interacción	3	7.24	2.41	1.08	0.37
a*	Uso de Stevia	1	46.18	46.18	19.46	0.0001
	Proporción	3	102.86	34.28	14.44	0.0001
	Interacción	3	14.38	4.79	2.02	0.13
b*	Uso de Stevia	1	75.21	75.21	115.05	0.0001
	Proporción	3	12.36	4.12	6.3	0.0018
	Interacción	3	5.55	1.85	2.83	0.053
Betacianinas	Uso de Stevia	1	0.016	0.016	467.79	0.0001
	Proporción	3	0.01	0.003	103.09	0.0001
	Interacción	3	0.0017	0.0005	16.22	0.0001
Betaxantinas	Uso de Stevia	1	0.044	0.044	172.7	0.0001
	Proporción	3	0.06	0.02	83.3	0.0001
	Interacción	3	0.015	0.005	19.89	0.0001
Fenoles	Uso de Stevia	1	3.52	3.52	950.68	0.0001
	Proporción	3	1.17	0.39	105.63	0.0001
	Interacción	3	0.7	0.23	63.28	0.0001
Flavonoides	Uso de Stevia	1	2.15	2.15	63.82	0.0001
	Proporción	3	10.48	3.49	103.67	0.0001
	Interacción	3	1.78	0.59	17.65	0.0001
Fructuosa	Uso de Stevia	1	78.44	78.44	3.96	0.055
	Proporción	3	5588.87	1862.95	93.97	0.0001
	Interacción	3	67.21	22.4	1.13	0.35

Anexo 4: Medias para cada variable observada respecto al uso de stevia.

	L	a*	b*	Betacianinas	Betaxantinas
Sin stevia	23.17	8.00	2.56	0.094	0.16
Con stevia	30.04	10.15	-0.17	0.054	0.09

	Fenoles	Flavonoides	Fructuosa
Sin stevia	0.089	0.747	23.77
Con stevia	0.682	1.211	26.57

Anexo 5:

de Duncan para las medias respecto a las proporciones.

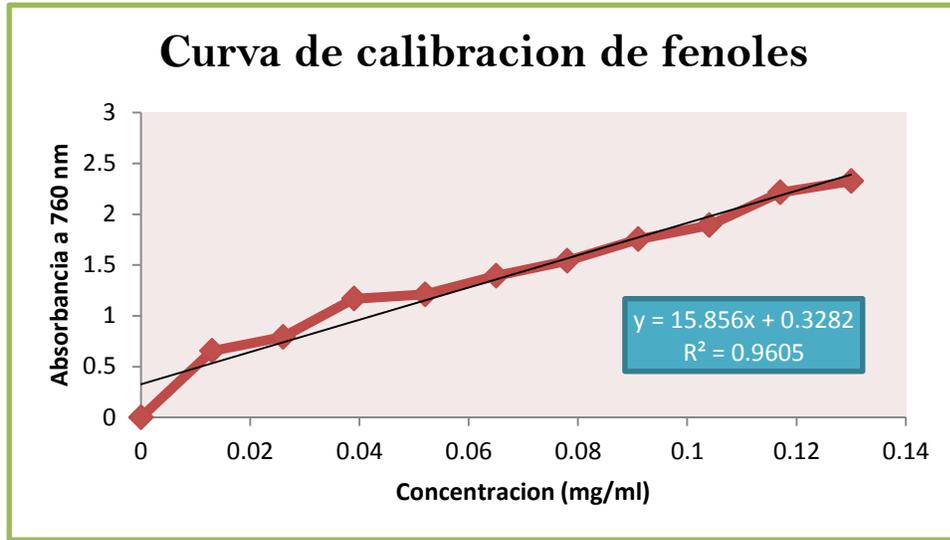
Prueba

L			a*			b*		
		Prop.			Prop.			Prop.
A	27.33	2	A	10.37	2	A	1.7	2
A B	26.83	3	A	10.18	1	A	1.44	1
A B	26.75	1	A	9.36	3	A	1.38	3
B	25.51	4	B	6.37	4	B	0.25	4

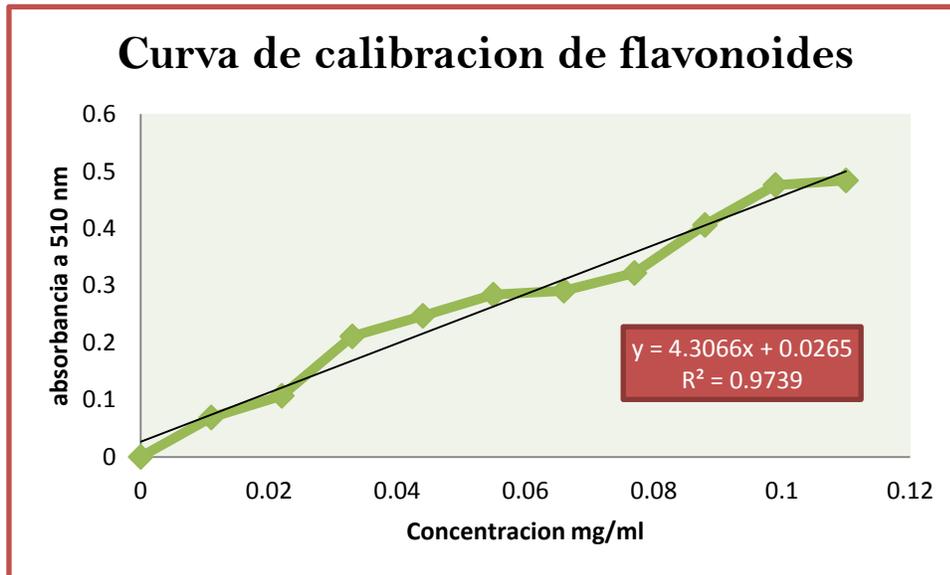
Betacianinas			Betaxantinas			Fenoles		
		Prop.			Prop.			Prop.
A	0.092	1	A	0.17	1	A	0.6	1
B	0.086	2	B	0.15	2	B	0.48	2
C	0.067	3	C	0.11	3	C	0.29	3
D	0.050	4	D	0.07	4	D	0.15	4

Flavonoides			Fructuosa		
		Prop.			Prop.
A	1.78	1	A	42.19	1
B	1.03	2	B	27.39	2
C	0.64	3	C	21.85	3
D	0.44	4	D	9.25	4

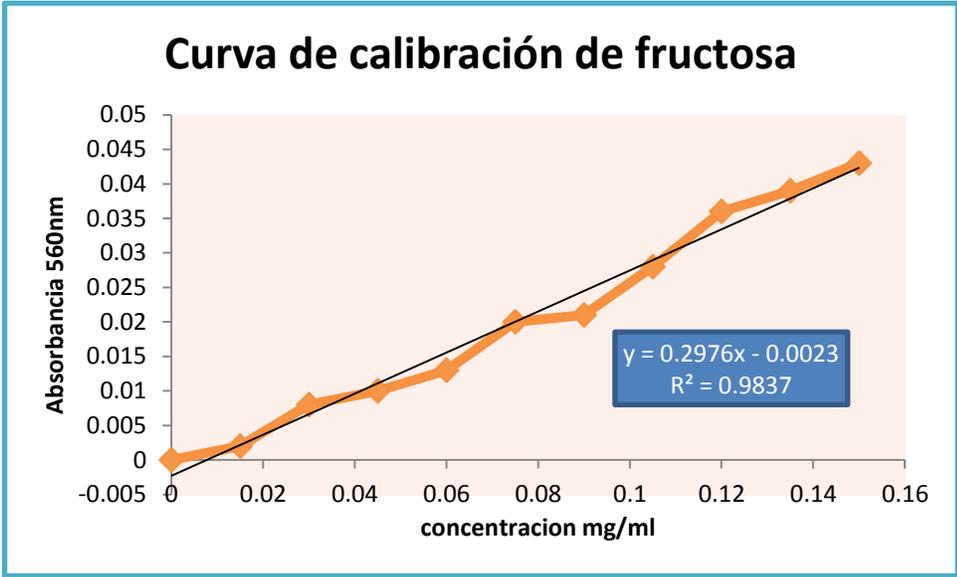
Anexo 6: Cuerva de calibración para cuantificación de fenoles.



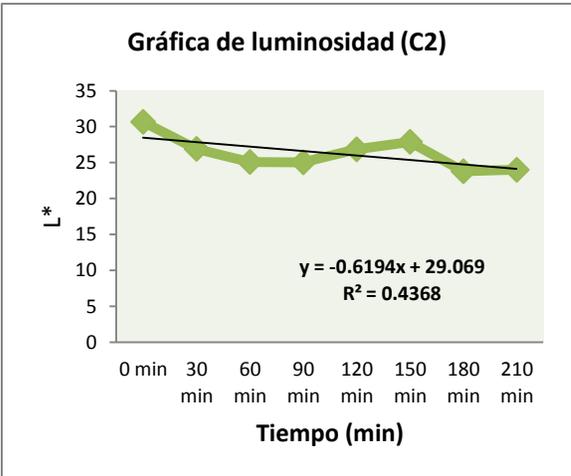
Anexo 7: Cuerva de calibración para cuantificación de flavonoides.

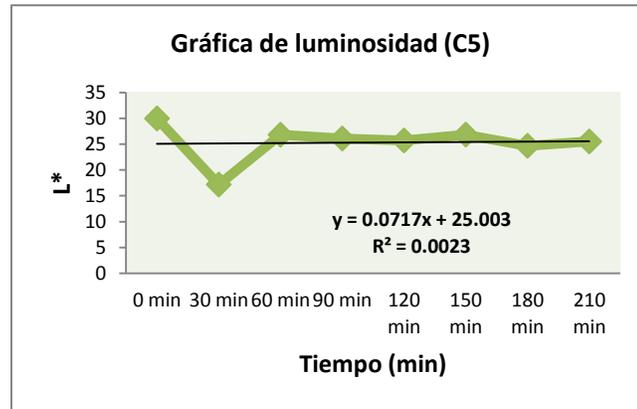
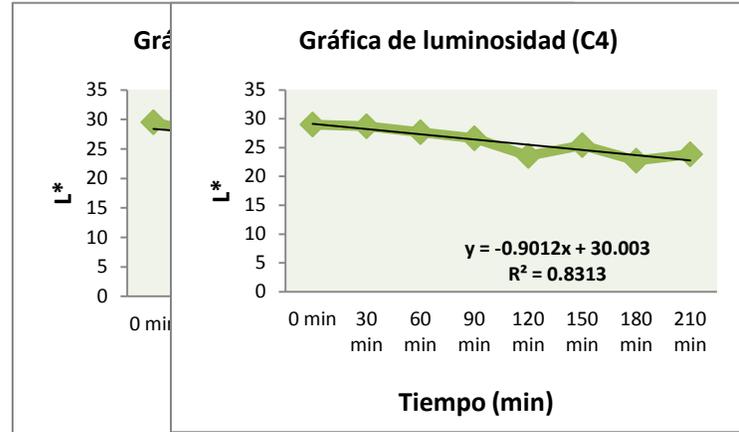
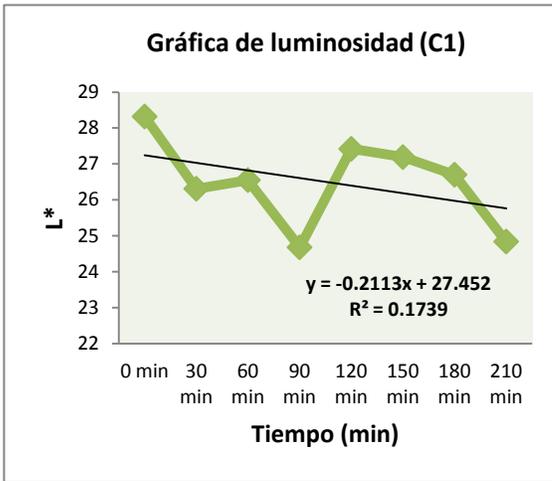


Anexo 8: Cuerva de calibración para cuantificación de fructosa.

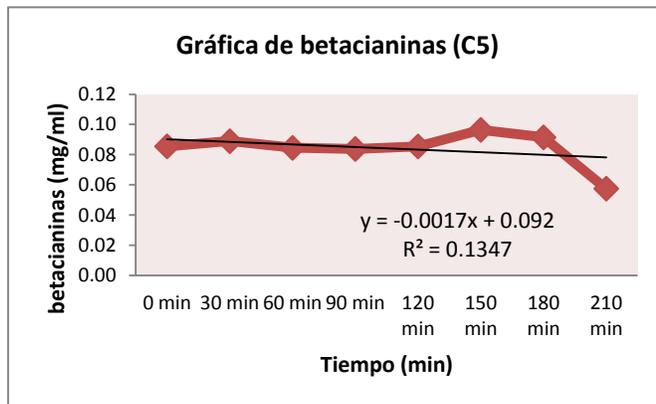
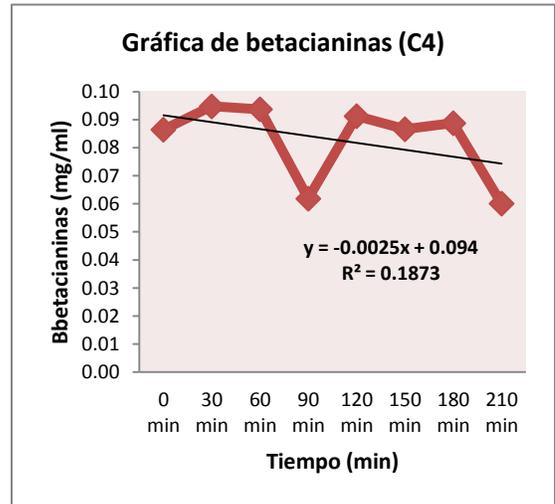
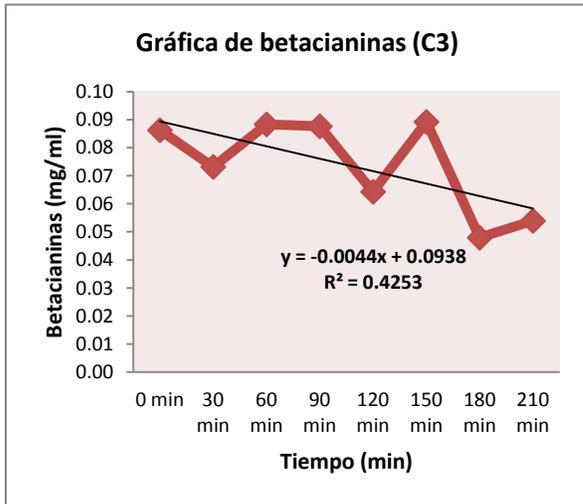
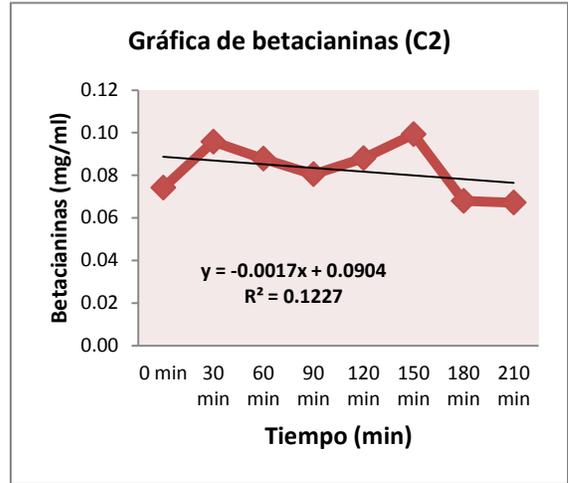
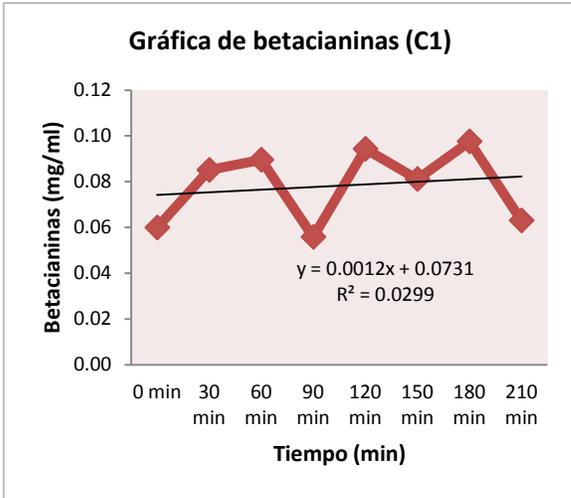


Anexo 9: Gráficas de la velocidad de deterioro para la luminosidad.

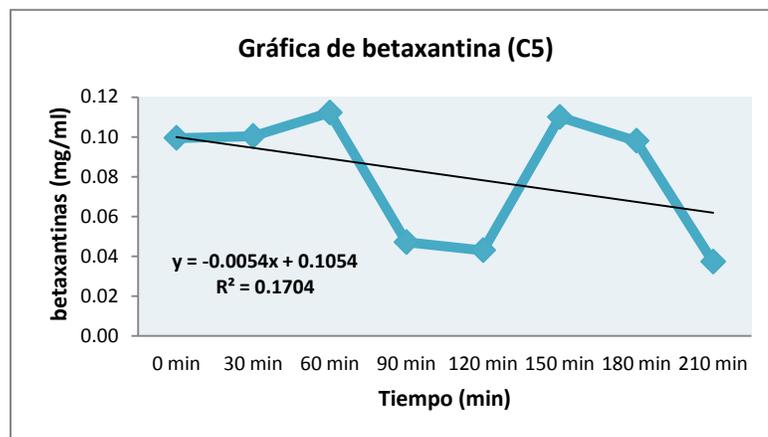
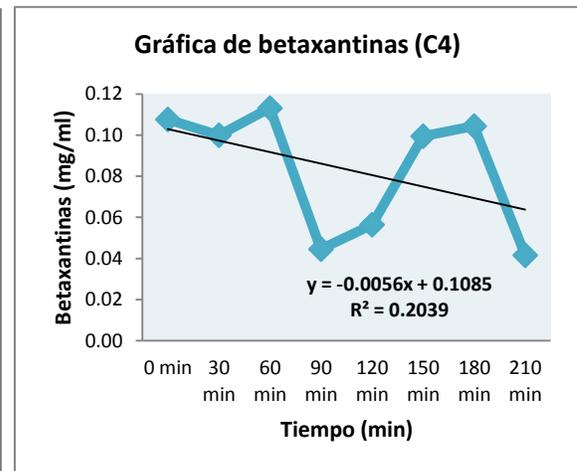
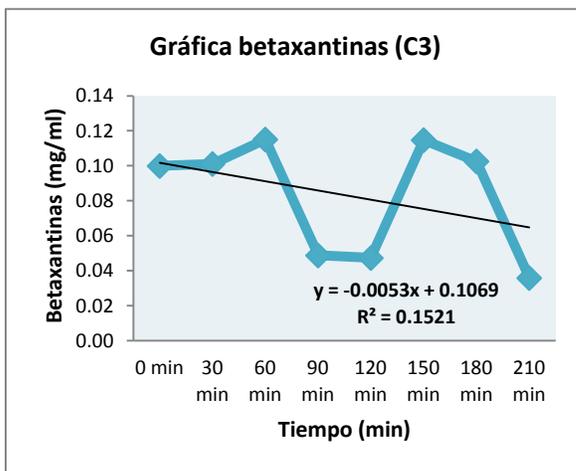
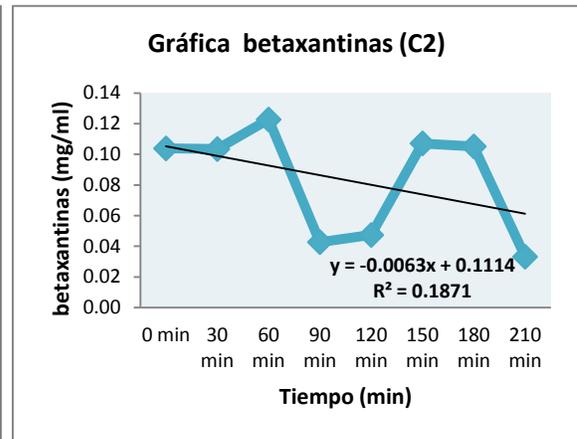
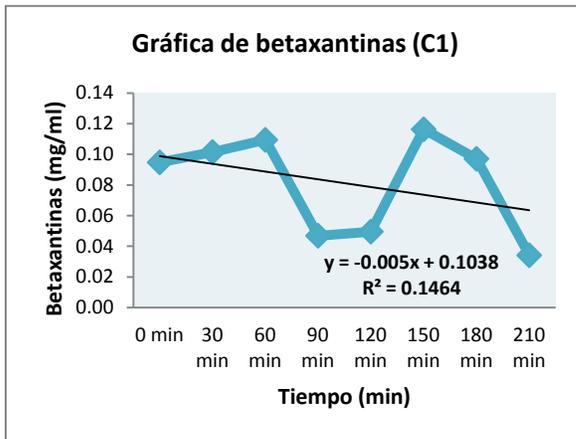




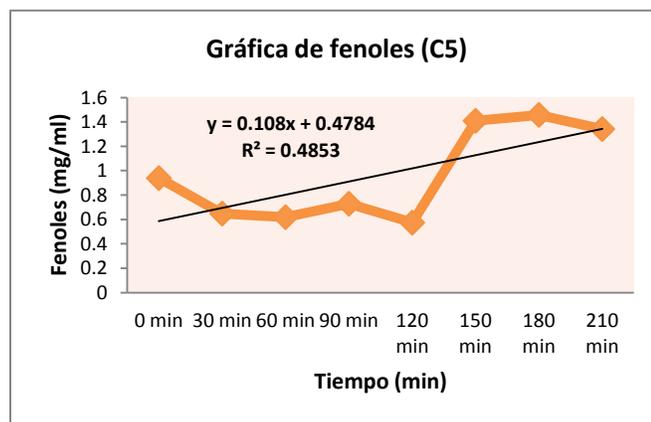
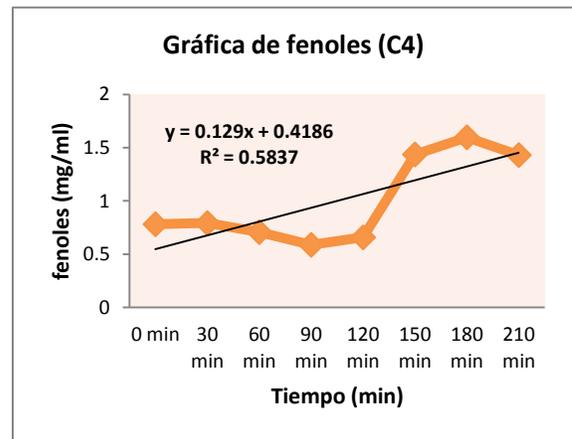
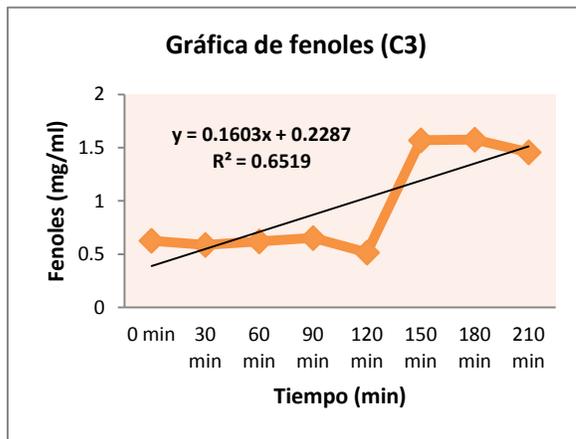
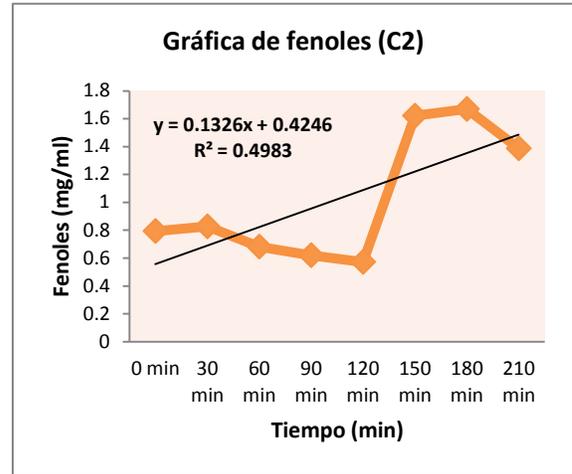
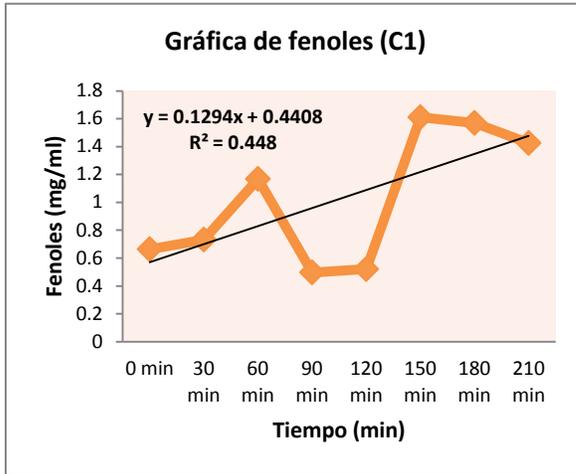
Anexo 10: Gráficas de la velocidad de deterioro para la betacianinas.



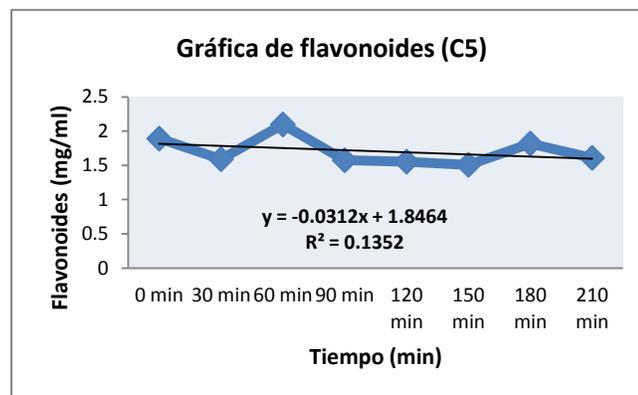
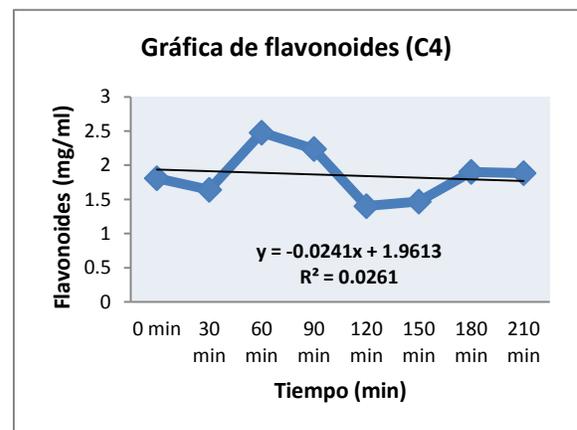
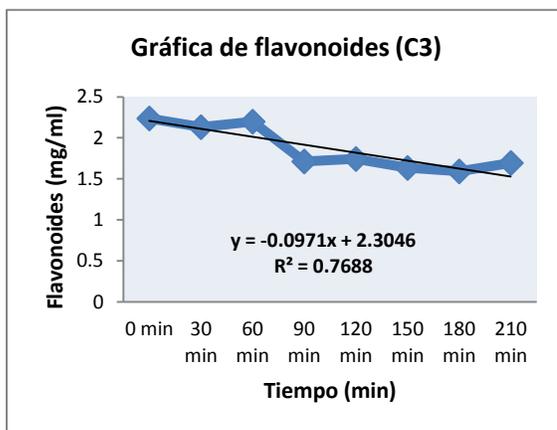
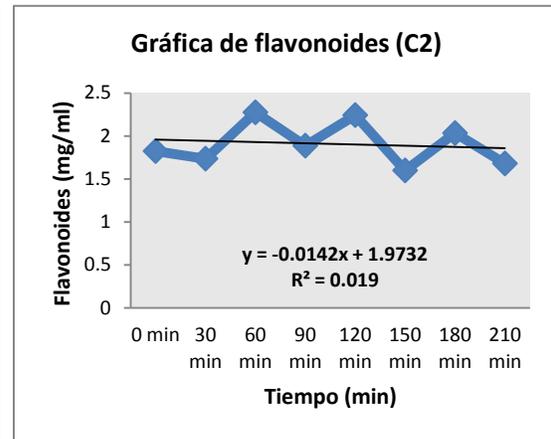
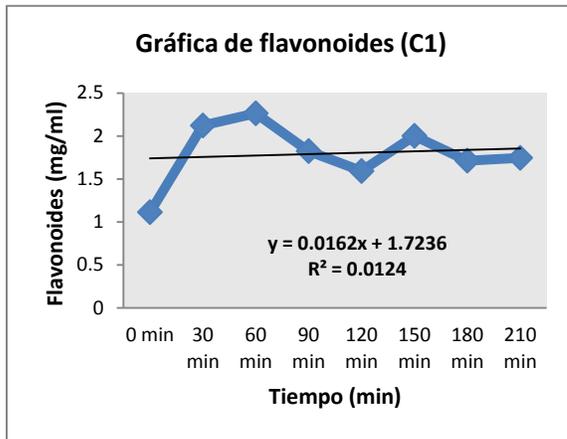
Anexo 11: Gráficas de la velocidad de deterioro para la betaxantinas.



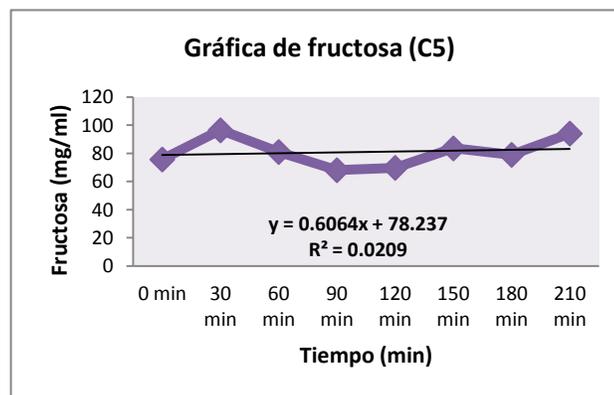
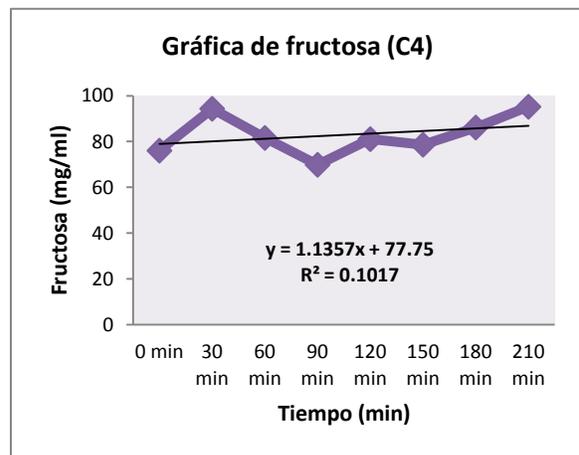
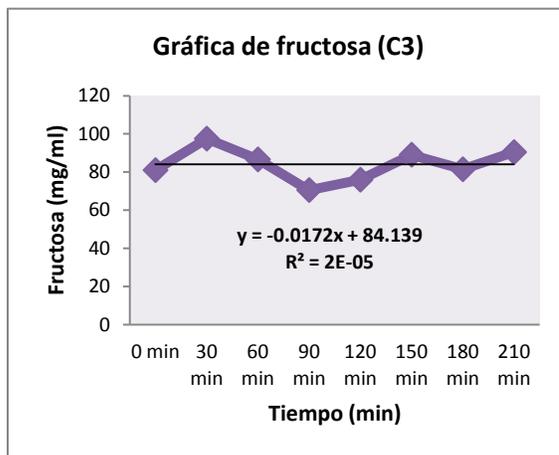
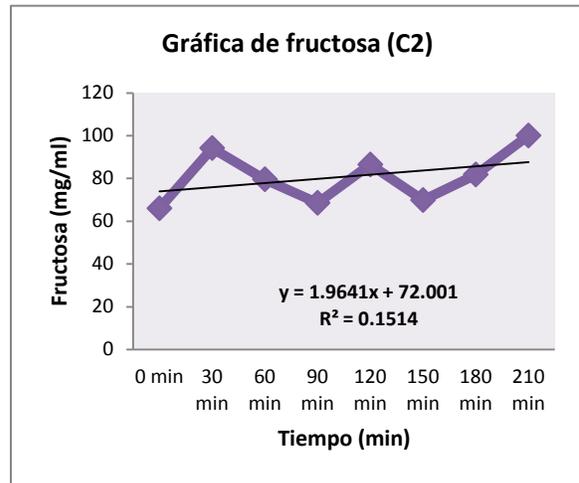
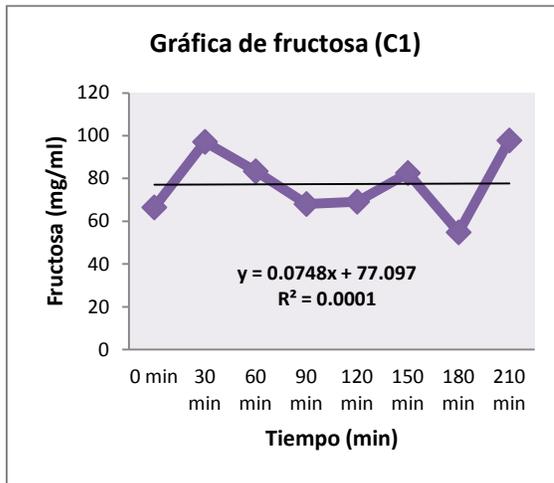
Anexo 12: Gráficas de la velocidad de deterioro para fenoles.



Anexo 13: Gráficas de la velocidad de deterioro para flavonoides.



Anexo 14: Gráficas de la velocidad de deterioro para fructosa.



Anexo 15: Tabla de promedios de K para cada uno de los concentrados evaluados.

ATRIBUTO	K1	K2	K3	K4	K5
Color	0.2113	0.6194	0.7271	0.9012	-0.0717
Betacianinas	-0.0012	0.0017	0.0044	0.0025	0.0017
Betaxantinas	0.005	0.0063	0.0053	0.0056	0.0054
Fenoles	-0.1294	-0.1326	-0.1603	-0.129	-0.108
Flavonoides	-0.0162	0.0142	0.0971	0.0241	0.0312
Fructosa	-0.0748	-1.9641	0.0172	-1.1357	-0.6064