

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



Evaluación del comportamiento de jugos de cactáceas almacenados bajo condiciones de refrigeración en envases de vidrio y plástico.

POR

MARÍA DE LOS ANGELES MARTÍNEZ HURTADO

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Saltillo, Coahuila, México Noviembre de 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Evaluación del comportamiento de jugos de cactáceas almacenados bajo condiciones de refrigeración en envases de vidrio y plástico.

Presentado por:

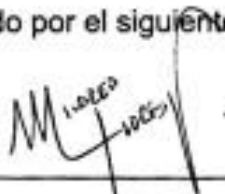
**MARÍA DE LOS ANGELES MARTÍNEZ HURTADO**

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Evaluado y aprobado por el siguiente comité evaluador.



M.C Mildred Inna Marcela Flores Verástegui

**Presidente del jurado**



Dr. Jesús Alberto Mellado Bosque

**Sinodal**



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

**Sinodal**



Dr. José Dueñez Alanís

**Coordinador de la División de Ciencia Animal**



Saltillo, Coahuila, México Noviembre, 2016.

Nuestra recompensa se encuentra  
en el esfuerzo y no en el resultado,  
un esfuerzo total  
es una victoria completa.

Mahatma Gandhi

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por ser la luz en mi camino, por haberme acompañado y guiado a lo largo de esta aventura, por darme fortaleza en los momentos de debilidad, por brindarme una vida llena de alegría, aprendizajes y sobre todo felicidad.

A mi **ALMA MATER** por abrirme las puertas, por brindarme la madurez y los conocimientos para mejorar mi vida personal y profesional, le estaré eternamente agradecida.

Mi más sincero agradecimiento a **M.C Mildred Inna Flores Verástegui**, por su paciencia, disponibilidad y generosidad, por sus infinitas ganas de compartir y transmitir su conocimiento y experiencia.

A mis profesores en general, por darme las armas necesarias para poder salir a realizarme como la persona profesionalista que a partir de ahora seré, gracias por la paciencia y el conocimiento transmitido, gracias por esas enseñanzas que sin lugar a duda me ayudaron a crecer como persona.

**Con amor, respeto y cariño a:**

Mi padre

El Sr. **J. Jesús Martínez Bárcenas**, por ser mi ejemplo a seguir, por brindarme la oportunidad de superarme, por cada esfuerzo que hizo para ser de mí quien soy ahora, por llenar mi vida de sabiduría y alegría. A él a quien dedico todos y cada uno de mis triunfos, gracias por darme todas esas gotas de esfuerzo, gracias por enseñarme que en la vida no se debe decir no puedo. A quien dedico este trabajo como producto de la confianza y los sueños que depositaste en mí.

A mi madre

La Sra. **Maricela Hurtado González**, por su infinito amor y confianza en mí, por ser quien me motiva a seguir adelante, gracias por enseñarme que siempre existe una solución, por ser mi cómplice, mi amiga y mi fortaleza, por inculcar en mí los valores que me han llevado a formarme, gracias por brindarme la oportunidad de estar donde estoy ahora.

A mis hermanas

**Rosario y Adriana** por ser parte importante de mi vida, por brindarme su apoyo, por enseñarme el camino, por ser mi ejemplo a seguir, gracias por llenar mi vida de alegrías.

A mis sobrinas

**Ximena y Nicole**, por ser la chispa y la unión de la familia, por alegrar momentos amargos y hacer que se disfruten más los momentos felices.

A mis abuelos

**Martin Hurtado y Alberta González** gracias por ponerme en cada una de sus oraciones, por esperar con ansias mi regreso y por su amor incondicional. A ti abuelita **Antonia Bárcenas** por cuidarme desde allá arriba e iluminar mis días.

**Alberto Javier Medina Mérida**. Gracias por acompañarme, por compartir conmigo tristezas y alegrías, gracias por nunca dejarme sola, por brindarme tu mano cuando lo he necesitado, Gracias por tu amor y comprensión.

**Jorge Luis Mendoza Moreno**, gracias por aquellas aventuras compartidas, por esos momentos que compartimos de risas y tristezas, gracias por brindarme tu compañía y amistad.

A esas personas que tuve la dicha de conocer y compartir con ellas a lo largo de mi carrera, gracias por esas risas esos momentos buenos y malos, gracias por ayudarme en momentos difíciles y por compartir cada una de esas aventuras que siempre llevaré en mis recuerdos.

## RESUMEN

La diabetes mellitus es uno de los desafíos más grandes que se presentan en la actualidad ya que las cifras de personas que la padecen van en aumento; causa graves daños en el organismo y solo se puede controlar a base de tratamientos costosos. Dentro de las riquezas naturales de nuestro país se encuentran las cactáceas como el nopal y el xoconostle que desde tiempo prehispánicos son consumidos en todo el territorio nacional y es sabido que ayudan a controlar los niveles de glucosa en la sangre de las personas con este padecimiento. Por esta razón surge el interés en este trabajo de investigación, que pretende disminuir la velocidad de deterioro de los jugos extraídos del nopal y del xoconostle, utilizando dos tratamientos térmicos distintos (pasteurización rápida y en fresco) y dos materiales de envase (vidrio y plástico), evaluando el contenido de ácido ascórbico (Vitamina C) y los niveles de pH que son factores de determinan la vida útil de jugos y zumos.

Los resultados obtenidos en cuanto a los niveles de pH muestran que el jugo de xoconostle pasteurizado y envasado en material de vidrio con un pH de 3.65 impide la rápida proliferación de microorganismos, sin embargo estos resultados no coinciden el contenido de vitamina C ya que se demuestra que el calor es un factor que acelera la pérdida de ácido ascórbico, teniendo los valores más bajos en los jugos sometidos a pasteurización de 40 mg en 100 g de muestra de jugo pasteurizado de xoconostle y 220 mg en 100 g de muestra en el jugo de nopal pasteurizado. En cuanto a la velocidad de deterioro (Valor K) se obtiene que este valor se debe a la interacción que existe entre ambos tratamientos evaluados, arrojando que el jugo de nopal pasteurizado y envasado en vidrio fue el que se mantuvo sin mayor cambio en el contenido de vitamina C con un valor de 4.4233.

Por lo anteriormente expuesto el jugo de nopal y el jugo de xoconostle pasteurizados en envase de vidrio son una buena alternativa de consumo para las personas con diabetes mellitus tipo 2.

**Palabras clave: Jugo, cactáceas, pasteurización,  $\alpha$  – Amilasa, ácido ascórbico, valor K.**

## Índice de contenido

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1      | INTRODUCCIÓN .....                            | 1  |
| 1.1    | Justificación.....                            | 2  |
| 1.2    | Objetivos .....                               | 4  |
| 1.2.1  | Objetivo general.....                         | 4  |
| 1.2.2  | Objetivos específicos .....                   | 4  |
| 1.3    | Hipótesis.....                                | 4  |
| 2      | MARCO TEORICO .....                           | 5  |
| 2.1    | Diabetes Mellitus .....                       | 5  |
| 2.2    | Hipoglucemia.....                             | 6  |
| 2.3    | Medicina alternativa.....                     | 7  |
| 2.4    | Jugo.....                                     | 10 |
| 2.5    | Métodos de conservación.....                  | 11 |
| 2.5.1  | Preservación mediante altas temperaturas..... | 12 |
| 2.6    | Nopal.....                                    | 13 |
| 2.6.1  | Generalidades.....                            | 13 |
| 2.6.2  | Características principales .....             | 14 |
| 2.6.3  | Usos convencionales .....                     | 14 |
| 2.6.4  | Usos potenciales.....                         | 15 |
| 2.7    | Opuntia ficus-indica .....                    | 17 |
| 2.7.1  | Composición química.....                      | 17 |
| 2.8    | Opuntia joconostle.....                       | 18 |
| 2.8.1  | Composición química.....                      | 19 |
| 2.8.2  | Propiedades.....                              | 19 |
| 2.9    | Sustancia hipoglucemicas .....                | 20 |
| 2.9.1  | Compuestos polifenolicos .....                | 20 |
| 2.9.2  | Flavonoides (C6-C3-C6) .....                  | 21 |
| 2.10   | Ácido ascórbico (Vitamina C) .....            | 21 |
| 2.11   | $\alpha$ – Amilasa.....                       | 22 |
| 2.11.1 | Generalidades.....                            | 22 |
| 2.12   | $\alpha$ -Glucosidasa .....                   | 23 |



|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.12.1 | Anti-Hiperglicemica .....                 | 23 |
| 3      | MATERIALES Y METODOS .....                | 24 |
| 3.1    | Sitio experimental .....                  | 24 |
| 3.2    | Material biológico.....                   | 24 |
| 3.3    | Materiales reactivos y métodos .....      | 24 |
| 3.4    | Metodología Experimental.....             | 25 |
| 3.4.1  | Etapa 1. Esterilización de envases. ....  | 25 |
| 3.4.2  | Etapa 2. Obtención del zumo.....          | 25 |
| 3.4.3  | Etapa 3. Tratamientos térmicos .....      | 26 |
| 3.4.4  | Etapa 4. Envasado.....                    | 26 |
| 3.4.5  | Etapa 5. Etiquetado .....                 | 27 |
| 3.4.6  | Etapa 6. Almacenamiento .....             | 27 |
| 3.4.7  | Etapa 7. Determinaciones analíticas.....  | 27 |
| 3.4.8  | Etapa 8. Análisis estadístico. ....       | 28 |
| 4      | RESULTADOS Y DISCUSION .....              | 30 |
| 4.1    | Determinación de pH.....                  | 30 |
| 4.1.1  | PH en el jugo de nopal.....               | 30 |
| 4.1.2  | PH en el jugo de xoconostle .....         | 33 |
| 4.2    | Ácido ascórbico (vitamina C).....         | 35 |
| 4.2.1  | Vitamina C en jugo de nopal.....          | 36 |
| 4.2.2  | Vitamina C en el jugo de xoconostle ..... | 38 |
| 5      | CONCLUSIÓN .....                          | 47 |
| 6      | Referencias bibliográficas .....          | 48 |
| 7      | Anexos .....                              | 52 |

## Índice de cuadros

|  |    |
|--|----|
| Cuadro 1 Métodos de conservación convencionales .....  | 12 |
| Cuadro 2 Valor nutritivo del nopal.....  | 17 |
| Cuadro 3 Composición química del xoconostle.....   | 19 |
| Cuadro 4 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el pH en el jugo de nopal .  | 32 |
| Cuadro 5 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el pH en el jugo de xoconostle.....  | 35 |
| Cuadro 6 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el contenido de ácido ascórbico en el jugo de nopal.....                                 | 37 |
| Cuadro 7 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el contenido de ácido ascórbico en el jugo de xoconostle.....                            | 40 |
| Cuadro 8 Velocidad de deterioro en el contenido de Vitamina C en jugo de nopal, comparando los distintos tratamientos aplicados y tipos de envase.....       | 46 |
| Cuadro 9 Velocidad de deterioro en el contenido de Vitamina C en jugo de xoconostle, comparando los distintos tratamientos aplicados y tipos de envase. .... | 46 |

## Índice de figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 Comportamiento del pH para jugo de nopal, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes. ....                              | 31 |
| Figura 2 Comportamiento del pH para jugo de xoconostle, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.....                          | 33 |
| Figura 3 Comportamiento del contenido de ácido ascórbico para jugo de nopal, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.....     | 36 |
| Figura 4 Comportamiento de contenido de ácido ascórbico para jugo de xoconostle, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes..... | 39 |
| Figura 5 Inhibición de $\alpha$ - Amilasa en jugo de xoconostle, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase. ....                  | 42 |
| Figura 6 Inhibición de $\alpha$ - Amilasa en jugo de nopal, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase .....                       | 43 |
| Figura 7 Inhibición de $\alpha$ - Glucosidasa en jugo de xoconostle, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase .....              | 44 |
| Figura 8 Inhibición de $\alpha$ - Glucosidasa en jugo de nopal, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase .....                   | 45 |

# 1 INTRODUCCIÓN

La familia Cactaceae, originaria del Continente Americano, agrupa a cerca de 2000 especies, las cuales han logrado adaptarse a los climas desérticos. México es el país con mayor riqueza de estas plantas, con 913 taxones, de los cuales el 80 por ciento son endémicos del país. Las zonas desérticas y semidesérticas representadas por los desiertos de Sonora y Chihuahua, las Selvas Bajas Caducifolias y la zona de depresión del Balsas, contienen gran diversidad de cactáceas. Entre las zonas con mayor diversidad en el centro de México, destacan el Valle de Tehuacán-Cuicatlán y la Barranca de Metztitlán. Las estructuras vegetativas y reproductivas de las cactáceas (*Opuntia* spp.) han sido usadas con fines medicinales desde la época precolombina, un uso que prevalece hasta ahora. Además, se ha extendido a otros países como parte de la medicina alternativa para el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2). La diabetes mellitus (DM) es un problema importante de salud pública mundial que ha aumentado en los últimos años. A pesar de las evidencias tradicionales del uso medicinal de las cactáceas se han realizado pocos trabajos para comprobar científicamente sus efectos. Además cabe mencionar, que muchos de los productores de cactáceas (*Opuntia* spp.) no consideran que este cultivo sea su principal fuente de ingreso, por lo que delegan las actividades relacionadas con el mismo sin prestarle atención necesaria para cubrir requisitos básicos de calidad e inocuidad, por lo que se vuelven poco competitivas y generan bajos recursos, a consecuencia quizá de su apariencia o de ser cultivadas principalmente en zonas rurales, las cactáceas son un producto agrícola generalmente marginado incluso entre los mismos productores, por lo tanto en busca de que esta situación cambie e incluso mejore la comercialización y aceptación de estas, y bajo el conocimiento previo de los beneficios que aportan a la salud, se presenta la oportunidad de considerarlas como alimentos funcionales capaz de combatir y prevenir enfermedades .

El incremento en la prevalencia de diabetes tipo dos así como el incremento en la prevalencia de obesidad y sobrepeso en nuestro país hace imprescindible la implementación de recomendaciones dietéticas dirigidas a la prevención de este tipo de

enfermedades crónicas. Esto con la finalidad de poder sugerir el consumo de alimentos mexicanos que tengan un beneficio sobre la salud, de bajo costo y fácil acceso para que se puedan consumir en todos los estados de la República Mexicana. Las propiedades antidiabéticas de las cactáceas fueron primeramente estudiadas en los años 80's y en estos estudios se informó que el consumo de nopal, tuna, xoconostle, tiene un efecto significativo en la disminución de la glucosa en ayuno tanto en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 como en modelos animales. Sin embargo, el mecanismo de acción por el cual el consumo de cactáceas disminuye las concentraciones de glucosa no ha sido elucidado del todo

## **1.1 Justificación**

En la República Mexicana la diabetes mellitus es una de las primeras causas de mortalidad en general. El tratamiento farmacológico de este síndrome metabólico es de por vida y el objetivo es controlar los síntomas y prevenir complicaciones. Desafortunadamente, para muchos pacientes no se logra y además, los fármacos tienen reacciones adversas importantes y suelen ser muy costosos.

Cientos de suplementos dietarios se encuentran actualmente en el mercado como suplementos para bajar de peso, el interés de la sociedad mundial actual por una mayor esperanza y mejor calidad de vida se contrapone con la enorme tendencia al sobrepeso y obesidad. Y es aquí donde la riqueza y diversidad de materiales nutracéuticos y medicinales de las culturas indígenas juegan un papel importante.

El nopal es una cactácea comestible que pertenece al género *Opuntia*, que incluye dos tipos, la *Ficus-indica*, de donde se obtiene la tuna y la *Opuntia streptacantha*, que se cultiva para obtener el nopal.

Las cactáceas son alimentos tradicionales de nuestra dieta mexicana son alimentos bajos en energía y ricos en fibra soluble, principalmente en pectina, son objeto de estudio debido a su potencial como alimentos que aportan beneficios a la salud. En los

últimos años, el consumo de nopal como antidiabético, se ha visto favorecido por la publicidad dada en medios de comunicación masiva, y no por el conocimiento netamente empírico o científico.

La información científica del nopal ha mostrado la correlación entre los usos etnomédicos y los resultados experimentales positivos para controlar esta enfermedad. Sin embargo, aún no se cuenta con los suficientes estudios clínicos que permitan fundamentar científicamente la realidad sobre las propiedades medicinales de esta verdura.

Los Institutos Nacionales de Medicina de los Estados Unidos han revisado los efectos hipoglucemiantes de estos vegetales; es decir, su capacidad de reducir los niveles de glucosa en la sangre. Los reportes demuestran una disminución de hasta  $-48.3 \pm 16.2$  mg/dL cuando el nopal se consume cocido. La reducción de niveles de glucosa en sangre son menores cuando el nopal se consume en crudo.

Según un estudio realizado por el Departamento de Ecología. División de Ciencias Biológicas y Ambientales (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, el consumo habitual de la cáscara del fruto de xoconostle puede ser útil en el control de la glucosa sérica en individuos con DM2. En personas sanas puede coadyuvar a prevenir estados de hiperglucemia y alteración en la concentración de colesterol y triglicéridos, que pueden relacionarse con síndrome metabólico.

México ocupa el primer lugar en obesidad infantil y adulta así como el primer lugar en diabetes infantil, sin embargo México posee también grandes riquezas naturales como lo son el nopal y el xoconostle es por eso que surge la inquietud en la elaboración de una bebida que ayude como una alternativa más para el control de enfermedades cardiovasculares y que pueda además ser consumida por el público en general sin importar edad y posición económica.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Elaborar una bebida de nopal y una de xoconostle con potencial para ayudar a las personas con diabetes tipo 2 a controlar el nivel de glucosa en la sangre de una manera más económica y natural.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

Elaborar de una bebida de nopal y una de xoconostle.

Aplicar dos diferentes tratamientos térmicos a cada una de las bebidas (fresco y pasteurización).

Determinar pH y vitamina C en las bebida de nopal y xoconostle.

Determinar la inhibición de las enzimas  $\alpha$ -amilasa y  $\alpha$ -glucoamilasa por parte de las bebidas en estudio.

Envasar en dos tipos de material diferente (plástico y vidrio) para determinar cuál es mejor.

Determinar el deterioro que presenta los jugos en cada tipo de envase y tratamiento térmico aplicado.

## **1.3 Hipótesis**

Es posible que el tratamiento térmico (pasteurización) y el envasado en vidrio afecten las características físico-químicas en el jugo de nopal y el de xoconostle, disminuyendo su nivel de deterioro.

## 2 MARCO TEORICO

### 2.1 Diabetes mellitus

La diabetes mellitus más que una enfermedad es un conjunto de enfermedades que se caracteriza por una insuficiente acción de la insulina endógena, lo que suele provocar hiperglucemia, alteraciones en los lípidos séricos y lesiones vasculares. Se distinguen por lo menos dos enfermedades que parecen tener una naturaleza diferente: la diabetes tipo 1 (DM1) y la diabetes tipo 2 (DM2). (Sánchez G.2007)

Tanto en la DM1 como en la DM2 se han encontrado indicios de que se trata de enfermedades con un componente genético importante. En la primera hay un claro incremento en el riesgo en gemelos idénticos y se han identificado genes y polimorfismos tanto predisponentes como protectores, de modo que se puede más o menos cuantificar el riesgo según la fórmula genética o el genoma. En el caso de la DM2 hay una tendencia familiar muy clara, se han identificado varios genes vinculados con ella, pero no se puede identificar un patrón mendeliano específico, por lo que se dice que se trata de una herencia poligénica. Las personas nacen con predisposición a la enfermedad (esto es en ambos tipos de diabetes) y depende de que se expongan o no (y de la magnitud de tal exposición) a ciertos factores ambientales para que la enfermedad se desarrolle. Hay un vínculo muy claro entre la DM2 y la obesidad, la que también muestra una tendencia hereditaria (Sánchez G.2007)

Los factores biológicos que se relacionan a la aparición de la DM2 incluyen muchas condiciones que se asocian con la aparición clínica de diabetes, particularmente las situaciones emocionales (“sustos” y “corajes”). En efecto, muchos pacientes diabéticos inician sus manifestaciones después de exponerse a un estrés intenso y súbito como un asalto, un robo, un accidente de automóvil y otros. Probablemente la descarga hormonal que acompaña a estos acontecimientos (adrenalina, glucocorticoides y otros) sea la causa de que una persona predispuesta genéticamente manifieste su incapacidad para manejar una sobrecarga metabólica. Hay muchos otros factores que también se asocian con la aparición de diabetes clínica, entre ellos infecciones y fármacos (glucocorticoides, diuréticos). El microambiente en el que se desarrolla el feto

también parece influir, a juzgar por el hecho de que los individuos que sufren desnutrición intrauterina, identificada por bajo peso al nacer, baja talla o bajo peso de la placenta, tienen un mayor riesgo de desarrollar diabetes tipo 2 en la edad adulta. Los dos factores más conspicuamente relacionados con el desarrollo de la diabetes tipo 2 son la obesidad y la edad, y ésta última parece ser el factor individual que más riesgo significa, aunque en las edades muy avanzadas ya no se observa esta correlación. (Sánchez G.2007)

Actualmente la diabetes se está convirtiendo rápidamente en la epidemia del siglo XXI y en un reto de salud global. Estimaciones de la Organización Mundial de la Salud indican que a nivel mundial, de 1995 a la fecha casi se ha triplicado el número de personas que viven con diabetes, con cifra actual estimada en más de 347 millones. De acuerdo con la Federación Internacional de Diabetes: China, India, Estados Unidos, Brasil, Rusia y México, son en ese orden los países con mayor número de diabéticos. El desafío para la sociedad y los sistemas de salud es enorme, debido al costo económico y la pérdida de calidad de vida para quienes padecen diabetes y sus familias. Los estilos de vida poco saludables son altamente prevalentes entre niños, adolescentes y adultos mexicanos, propiciando un aumento importante de la obesidad y sobrepeso, principal factor de riesgo modificable de la diabetes. Así, la prevalencia de la diabetes en esta población ha incrementado sustancialmente en las últimas décadas: en 1993 la prevalencia de los diabéticos con diagnóstico conocido en población mayor de 20 años fue de 4.0%, mientras que en 2000 y 2007 se describió una prevalencia del 5.8 y 7%, respectivamente. (Sánchez G.2007)

## **2.2 Hipoglucemia**

La hipoglucemia, también conocida como nivel bajo de azúcar (glucosa) en la sangre, se produce cuando la glucosa en la sangre desciende por debajo de los niveles normales. La glucosa, una fuente importante de energía para el cuerpo, proviene de los alimentos. Los carbohidratos son la principal fuente dietaria de la glucosa. El arroz, las papas, el pan, las tortillas, los cereales, la leche, las frutas y los dulces son todos alimentos ricos en carbohidratos. Después de una comida, la glucosa se absorbe en el torrente sanguíneo y se transporta a las células del cuerpo. La insulina, una 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. El cuerpo puede usar el glucógeno como energía entre las comidas. El exceso de glucosa también se puede convertir en grasa que se almacena en las células grasas. También se puede usar la grasa 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. Pero con una diabetes que se trata con insulina o con medicamentos que aumentan la producción de insulina, el nivel de glucosa no puede regresar con facilidad al valor normal. La hipoglucemia puede suceder de repente. Por lo general es leve y puede tratarse de manera rápida y fácil al comer o beber una pequeña porción de alimentos ricos en glucosa. Si la hipoglucemia no se trata, puede empeorar y causar confusión, torpeza o desmayo. La hipoglucemia grave puede causar convulsiones, coma e incluso la muerte. En adultos y en niños mayores de 10 años, la hipoglucemia es poco común, a menos que sea un efecto secundario del tratamiento para la diabetes. Sin embargo, la hipoglucemia también puede producirse por otros medicamentos o enfermedades, deficiencias hormonales o enzimáticas, o tumores. (U.S. Department of Health And Human Services National Institutes of Health. 2011).

### **2.3 Medicina alternativa**

Dentro de la medicina tradicional para el control de la diabetes mellitus y sus complicaciones, uno de los recursos más socorridos por la población se refiere al uso de plantas medicinales, en México se han reportado más de 300 plantas empleadas para el control empírico de este padecimiento. El 80% de la población mundial, más de cuatro millones de personas, utiliza las plantas como principal remedio medicinal según lo señala la OMS. (Beyra, 2004).

Los efectos hipoglucémicos de algunas plantas usadas como remedios antidiabéticos se ha confirmado en las poblaciones rurales que las usan, y los mecanismos de la actividad hipoglucémica de estas plantas se ha comenzado a estudiar (Jung, 2006). Estos remedios son aparentemente efectivos, producen efectos secundarios mínimos o no los producen y son de bajo costo comparados con los agentes hipoglucémicos sintéticos orales. (Kumar, 2007)

#### *Catharanthus roseous* (vinca)

La vinca o vicaria tiene muchos usos en medicina tradicional: el cocimiento de sus pétalos se emplea para enfermedades de los ojos como nubes, conjuntivitis, carnosidades y para fortalecer la vista (se deben hervir unas cuantas flores en un litro de agua durante al menos cinco minutos y aplicar el cocimiento en gotas). El jugo o el cocimiento de las hojas y flores frescas se emplean contra la diabetes en muchos países del mundo y en la medicina ayurvédica.

Se le atribuyen propiedades antibióticas tanto en infecciones internas como en la piel, para bajar la presión arterial, el colesterol y curar la malaria. También es útil en casos de laringitis, faringitis y dolor de muelas.

#### *Cecropia obtusifolia* (chancarro)

Se reportan 23 compuestos químicos y 30 usos medicinales, entre los que se encuentran: antitusivo, antidiabético, afecciones nerviosa, antipirético, afecciones cardiacas (tónico, digitálico), enfermedades hepáticas y pulmonares, asma, resfriado común, diurético (hidropesía), para heridas, fractura de huesos, reuma y eliminar verrugas. Es una planta con uso medicinal reportado desde el centro hasta el sureste del país, principalmente por su aplicación en casos de diabetes, donde el tratamiento consiste en emplear la infusión de las hojas, ramas, corteza o raíz como agua de uso. Para malestares de presión arterial y para tratar problemas renales, es recomendado el cocimiento de esta planta para su ingestión en ayunas por lo menos durante una semana. También recibe amplio uso contra piquetes de alacrán y hormigas y excesiva salivación, para lo cual debe lavarse la parte afectada con el cocimiento de la hojas,

previamente endulzado con miel de abeja.. (Whitmore, Jacob L., Gary S. Hartshorn. 1969)

#### *Cucurbita ficifolia* (chilacayote)

El chilacayote contiene hipoglucemiantes, los cuales provocan la disminución en los niveles de azúcar en la sangre en personas con diabetes. Este componente natural se encuentra presente en el chilacayote, el cual ayuda a liberar la insulina a través del páncreas.

#### *Ibervillea sonora* (guareque)

El uso tradicional del guareque utilizado desde hace siglos en México para controlar los niveles de glucosa en la sangre ha sido validado por muchos estudios clínicos diversos tan es así, que diversas universidades del país buscan patentar sus hallazgos para comercializarlo en diversas presentaciones

#### *Allium cepa* (cebolla)

La cebolla posee flavonoides, entre los que destaca especialmente uno llamado quercetina, que ayuda a proteger las arterias y al corazón; así como a reducir los índices de glucosa y estimular la producción de insulina, lo que resulta ideal para el control de la Diabetes, además, mejora el control del colesterol, ya que reduce la acumulación del llamado “malo”, es decir aquel que obstruye las arterias del corazón y evita la formación de coágulos sanguíneos.

#### *Allium sativum* (ajo)

El Departamento Estadounidense de Agricultura Humana y Centro de Nutrición de Beltsville, ha demostrado que el ajo puede no solo reducir los niveles de grasa en la sangre, sino el azúcar en sangre aumentando al mismo tiempo el nivel de insulina, lo que significa un mayor control de la diabetes.

### *Ficus carica* (higo)

Una de las propiedades más destacadas y comprobadas de las hojas de higuera son las antidiabéticas, ya que tienen la capacidad de reducir la cantidad de insulina que necesitan las personas con diabetes, particularmente las insulino-dependientes (las que requieren inyecciones de insulina).

Además ha demostrado en distintos estudios ser capaz de reducir los niveles de grasas sanguíneas (triglicéridos), responsables de la reducción interna de las paredes arteriales y promotoras de aterosclerosis, una enfermedad que endurece las paredes arteriales e incrementa la presión arterial (hipertensión).

### *Opuntia Sp* (nopal)

Los 18 aminoácidos presentes en el nopal proveen más energía y reducen la fatiga ayudando a reducir el nivel de azúcar en la sangre. El nopal refuerza al hígado y al páncreas por medio de incrementar la sensibilidad a la insulina, la que estimula el movimiento de la glucosa en las células del cuerpo donde es usada como energía, regulando así, el nivel de azúcar de la sangre. También disminuye la digestión de carbohidratos por lo que reduce la producción de insulina, además se ha demostrado clínicamente en estudios que el nopal ayuda a reducir hiper glicemia antes y después de los alimentos. El cacto del nopal ha demostrado contener un perfil único de altas cantidades de fibras insolubles y solubles. Estos niveles de las fibras dietéticas del nopal ayudan a prevenir la absorción rápida de carbohidratos simples tales como azúcares en la corriente de la sangre durante la etapa de la digestión de una comida consumida.

## **2.4 Jugo**

El zumo, o jugo, es la sustancia líquida que se extrae de los vegetales o frutas, normalmente por presión, aunque el conjunto de procesos intermedios puede suponer la cocción, molienda o centrifugación del producto original. Generalmente, el término hace referencia al líquido resultante de exprimir un fruto. (Codex alimentarius 2005).

Algunos zumos podrán elaborarse junto con sus pepitas, semillas y pieles, que normalmente no se incorporan al zumo, aunque serán aceptables algunas partes o componentes de pepitas, semillas y pieles que no puedan eliminarse mediante las buenas prácticas de fabricación.

Los jugos de frutas naturales aportan gran cantidad de vitaminas y minerales, al igual que comer la fruta directamente. Son una bebida interesante, que permite combinar varios sabores en ella, pero siempre aportando agua a nuestro organismo. A menudo se venden zumos envasados, que pasan por un proceso durante su elaboración que les hace perder parte de sus beneficiosas propiedades nutricionales (Codex alimentarius 2005).

## **2.5 Métodos de conservación**

El concepto general de la preservación de los alimentos es evitar el desarrollo de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos), para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje. Al mismo tiempo, se deben controlar los cambios químicos y bioquímicos que provocan deterioro. De esta manera, se logra obtener un alimento sin alteraciones en sus características organolépticas típicas (color sabor y aroma), y puede ser consumido sin riesgo durante un cierto período. (Paltrinieri,1993)

Recientemente, ha habido muchas innovaciones en los procesos industriales de alimentos. Las técnicas que se practican hoy en la preservación de los alimentos tienen diferentes grados de complicación, desde los antiguos métodos de fermentación y de secado solar, hasta la irradiación y la deshidratación por congelación. Cuando se consideran las técnicas relevantes de preservación de alimentos en la industria de pequeña escala, se debe limitar la discusión a la aplicación de los métodos más sencillos. Estas operaciones consisten en el lavado, selección, pelado, trozado o molienda, escaldado y otros. (Paltrinieri,1993)

En forma general, los métodos de conservación se pueden clasificar en tres tipos como se muestra en el Cuadro No.1

## Cuadro 1 Métodos de conservación convencionales

| Métodos de preservación por períodos cortos                     |
|---|
| - Refrigeración   |
| - Almacenaje refrigerado con atmósfera modificada               |
| - Tratamientos químicos superficiales                           |
| - Condiciones especiales de almacenaje                          |
| - Sistemas de embalaje que involucran modificación de atmósfera |
| Métodos de preservación por acción química                      |
| - Preservación con azúcar                                       |
| - Adición de anhídrido sulfuroso                                |
| - Conservación por fermentación y salado                        |
| - Tratamiento con ácidos (adición de vinagre)                   |
| - Uso de aditivos químicos para control microbiano              |
| Métodos de preservación por tratamientos físicos                |
| - Uso de altas temperaturas                                     |
| - Uso de bajas temperaturas                                     |
| - Uso de radiaciones ionizantes                                 |

Fuente: HOLDSWORTH, S.D. 1983)

### 2.5.1 Preservación mediante altas temperaturas

De acuerdo a Paltrinieri, (1993) entre los procesos que usan las temperaturas como medio para conservar los alimentos, se encuentran los productos pasteurizados (jugos, pulpas). Estos procesos térmicos involucran la esterilización o pasteurización en frascos, botellas, u otros envases con la misma función.

#### Esterilización comercial

La esterilización, como método de conservación puede ser aplicada a cualquier producto que haya sido pelado, trozado o sometido a otro tratamiento de preparación, provisto de un envase adecuado y sellado en forma hermética de manera de evitar la entrada de microorganismos después de la esterilización y también la entrada de oxígeno. El envase debe presentar condiciones de vacío para asegurar la calidad del producto. La esterilización evita que sobrevivan los organismos patógenos o

productores de enfermedades cuya existencia en el alimento y su multiplicación acelerada durante el almacenamiento, pueden producir serios daños a la salud de los consumidores. (Paltrinieri, 1993)

## Pasteurización

Su aplicación es fundamental para los productos, como pulpas o jugos, corresponde a un tratamiento térmico menos drástico que la esterilización, pero suficiente para inactivar los microorganismos causantes de enfermedades, presentes en los alimentos. La pasteurización, inactiva la mayor parte de las formas vegetativas de los microorganismos, pero no sus formas esporuladas, por lo que constituye un proceso adecuado para la conservación por corto tiempo. Además, la pasteurización ayuda en la inactivación de las enzimas que pueden causar deterioro en los alimentos. De igual modo que en el caso de la esterilización, la pasteurización se realiza con una adecuada combinación entre tiempo y temperatura (Paltrinieri, 1993)

## 2.6 Nopal

### 2.6.1 Generalidades

El nopal es una de las plantas con más bondades medicinales que hay. En México se utilizaba desde tiempos muy antiguos por los aztecas, en su imperio llamado Tenochtitlan, palabra que provenía de las palabras piedra y “nochtli” (nopal); Nuestro país cuenta con más de 100 especies del género *Opuntia*, y es en las zonas semiáridas donde existe la variación más amplia, por lo que algunos botánicos lo consideran como el centro de origen de los nopales. (Emily M.,2013; Reyes.A., 2007)

El nopal verdura tradicionalmente ha sido de los alimentos de mayor consumo del pueblo mexicano, tanto que en los últimos años se ha incrementado su demanda, principalmente en las áreas urbanas. Lo anterior se refleja en la superficie cultivada en el país, la cual pasó de 5, 134 ha en 1991 a 6, 633 ha en 1992. Asimismo, el nopal ha cobrado una particular importancia en la Medicina por sus propiedades hipoglucemiantes. (Emily M.,2013)

## 2.6.2 Características principales

Son plantas, suculentas arborescentes, arbustivas o rastreras, simples o cespitosas, generalmente espinosas con tronco bien definido o con ramas desde la base, erectas, extendidas o postradas; artículos globosos, claviformes, cilíndricos o aplanados (cladodios), muy carnosos o leñosos; limbo de las hojas pequeñas, cilíndrico, carnoso, muy pronto caduco, presentan eréolas axilares con espinas, pelos, glóquidas y a veces glándulas; generalmente las de la parte superior de los artículos son las productoras de flores, espinas solitarias o en grupos, desnudas o en vainas papiráceas; las flores generalmente hermafroditas, ovario ínfero con una cavidad y muchos óvulos, con estambres numerosos, más cortos que los pétalos y lóbulos del estigma cortos. El fruto en baya, seco o jugoso, espinoso o desnudo, globoso, ovoide hasta elíptico. El género *Opuntia* se divide en dos subgéneros: el *Cilindropuntia* (en general, éste no tiene mayor importancia económica) y el *Platyopuntia*. (Antrop.A.,2014)

El fruto del nopal varia de forma y fisiología de acuerdo con las especies cuando este contiene un sabor dulce se le conoce como tuna y cuando tiene un sabor acido se le conoce como xoconostle. Los nopales silvestres tienen su centro de distribución en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes, sin embargo se han extendido hacia el norte y sur de México. En estas nopaleras se aprovechan los brotes o nopalitas durante algunos meses, cuando las condiciones climáticas son propicias; sin embargo, existen especies que son preferidas por los pobladores de estas regiones. Así tenemos el nopal tapón (*Opuntia robusta*) y sus diferentes variedades, el nopal cardón (*O. streptacantha*), el nopal rastrero (*O. rastrera*), el nopal duraznillo (*O. leucotricha*) y el nopal chaveño (*O. hyptiacantha*). Como cultivo, el nopal verdura se encuentran en los estados de San Luis Potosí, Oaxaca, Jalisco, Puebla, Michoacán, Aguascalientes, Baja California, Distrito Federal y Zacatecas. (Emily M.,2013)

## 2.6.3 Usos convencionales

El nopal ocupa un lugar preponderante en nuestra cultura, tanto por su gran presencia en la vegetación como por la cantidad de usos que se le ha dado. Los antiguos pobladores recolectaban las pencas por la facilidad con que se propagan, y los frutos



para comerlos frescos o conservarlos secos. De esta manera, con el tiempo favorecieron ciertos nopales en su entorno natural y como parte importante de su alimentación. Al desarrollarse la agricultura e incrementarse el cultivo de las milpas, la vegetación natural comenzó a ser removida de manera selectiva, preservando sólo aquellas plantas silvestres que proporcionaban algún beneficio. Así, se favorecieron las variantes agradables o de mayor interés y utilidad de acuerdo con los criterios culturales de cada pueblo. El nopal verdura es destinado principalmente al consumo humano, ya sea en fresco, como ensaladas, en la preparación de diferentes platillos, o bien envasados en salmuera, vinagre y como mermelada. Como alimento, tiene una gran aceptación por su costo y por otras propiedades como su fácil digestibilidad por el organismo humano. (Emily M.,2013)

Sin embargo en el México antiguo, el jugo de las pencas era extraído y untado en las ruedas de los carros para impedir que se quemaran por el uso excesivo. Durante los siglos XVII y XVIII, cuando los franciscanos establecieron las misiones en Baja California y zonas adyacentes, iniciaron el establecimiento de algunos nopales que entonces eran cultivados en el centro de México. (Emily M., 2013)

#### **2.6.4 Usos potenciales**

Respecto a sus propiedades medicinales, aparte de las que tradicionalmente se le atribuyen, en años recientes se inició la comercialización de fibra deshidratada de nopal como auxiliar en trastornos digestivos. Por otra parte estudios recientes demostraron las características del nopal como hipoglucemiante, es decir, como controlador de los niveles excesivos de azúcar en el cuerpo. El análisis de la composición química de un extracto antidiabético de *Opuntia ficus-indica* reveló que consistía de azúcares reductores, principalmente glucosa. Esto es sorprendente debido a que la glucosa está estrechamente asociada con esa enfermedad. Trabajos recientes indican que el factor antidiabético activo en cactáceas, y otras xerófitas, es un compuesto que presenta características y propiedades de una saponina. Los estudios han mostrado que la administración en ayunas de cladodios de nopal a individuos sanos y diabéticos causa disminución de glucosa. No ha sido posible determinar el principio activo del nopal que

tiene acción sobre el metabolismo de los glúcidos, aunque la reducción de glucosa e insulina observada en estos estudios ha llevado a sospechar que existe una mayor sensibilidad a la insulina inducida por la ingestión del nopal. Se cree que la función del nopal sobre la glucosa se debe a que contiene una sustancia identificada como polisacáridos aislados que secuestran las moléculas de glucosa, de tal modo que la insulina si es mínima, sea suficiente para regular los niveles de azúcar. (Natali E., 2013)

Por otra parte, la pulpa deshidratada del nopal da por resultado un material fibroso cuya función medicinal se basa, como cualquier otra fibra natural, en favorecer el proceso digestivo, reduciendo el riesgo de problemas gastrointestinales y ayudando en los tratamientos contra la obesidad. Adicionalmente, la fibra disminuye el nivel de lipoproteínas de baja densidad (que son las que se acumulan en las arterias causando problemas de arterioesclerosis). También disminuye el colesterol en la sangre al interferir en la absorción de grasas que realizan los intestinos. Actualmente, el aprovechamiento integral de los recursos viene a ser una necesidad urgente ante el desperdicio estacional que sufren éstos y la solución a las limitantes actuales de los habitantes (Natali E., 2013)

#### Extracto de nopal

El extracto de nopal protege al hígado de los daños producidos por insecticidas químicos y aflatoxinas, probablemente debido a su riqueza en sustancias antioxidantes, sustancias protegen al hígado de la peroxidación de grasas, repercutiendo también en la mejora de los niveles de colesterol en la sangre. (Natali E.,2013)

El nopal es también un remedio protector de la mucosa gástrica, debido a su contenido de mucílago que genera la regeneración de la mucosa gástrica, tal como han demostrado estudios científicos. Debido a su potencial anti ulceroso, tanto el fruto como los tallos jóvenes (nopalitos) son adecuados para dietas que controlen la gastritis, la acidez y úlceras estomacales. (Natali E.,2013)

## 2.7 *Opuntia ficus-indica*

*Opuntia ficus-indica* es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura. El mejoramiento genético que ha sufrido se remonta a la época prehispánica; los cronistas de indias ya relatan sobre estas plantas y sus frutos, que fueron llevados a España posiblemente en el primer o segundo viaje de Colón a América, aunque el primer registro cierto es para México, en 1515 (según la crónica de Fernández de Oviedo de 1535, reproducida en López Piñero, 1992)

En su forma sin espinas, esta especie es una forma hortícola, no se encuentra silvestre. De acuerdo a Bravo (1991) su domesticación comenzó hace unos 8000 años. Callen (1965) ofrece un dato similar basado en el estudio de coprolitos humanos, fechados en unos 9.000 años, que contienen restos de la epidermis de esta especie.

### 2.7.1 Composición química

Los nopalitos no constituyen en sí un alimento completo, sin embargo, forman parte, al igual que otras verduras, del menú cotidiano de muchas familias de escasos recursos, sobre todo en las zonas áridas del país y proporcionar algunos elementos nutritivos necesarios de la dieta (Burgos V.N 1986) como se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2 Valor nutritivo del nopal verdura (cantidad respecto a 100g de materia crudos:**

|                              |               |
|------------------------------|---------------|
| <b>Proporción comestible</b> | <b>78.00%</b> |
| <b>Energía</b>               | 27.00 Kcal    |
| <b>Proteínas</b>             | 0.17 g        |
| <b>Grasas</b>                | 0.30 g        |
| <b>Carbohidratos</b>         | 5.60 g        |
| <b>Calcio</b>                | 93.00 g       |
| <b>Fierro</b>                | 1.60 mg       |
| <b>Tiamina</b>               | 0.03 mg       |
| <b>Riboflavina</b>           | 0.06 mg       |
| <b>Niacina</b>               | 0.03 mg       |
| <b>Ácido ascórbico</b>       | 8.00 mg       |

Fuente: UAQ,.2004

Dentro de la composición química del nopal, primeramente encontramos un alto contenido de agua en el orden de 90 – 92.5 %. Entre los minerales que contiene, están el calcio y el potasio además de magnesio, sílice, sodio y pequeñas cantidades de fierro, aluminio, y magnesio. (Burgos V.N 1986).

## **2.8 *Opuntia joconostle***

El nombre científico del xoconostle es *Opuntia joconostle*, y proviene del náhuatl xococ, que significa agrio y de nochtli que quiere decir tuna, por lo tanto significa tuna agria. En México, el xoconostle se dan en el mes de Marzo, en las zonas semiáridas y se ha encontrado un alto contenido de ácido ascórbico en el mismo. (Almaza., 1999)

### **2.8.1 Generalidades**

Las frutas inmaduras o demasiado maduras del nopal no son apropiadas para el consumo fresco, aquel fruto del nopal que resulta inapropiado para el consumo fresco se denomina xoconostle, éste fruto no entra en estado de putrefacción tan rápidamente como la tuna dulce puede permanecer hasta un año en la planta en estado de madurez sin que se deteriore. Como planta comestible, se utiliza como condimento en la cocina mexicana en la elaboración de platillos, refrescos caseros, dulces y mermeladas. (Bravo,. 1978)

Dentro de las riquezas naturales del país, y más particularmente en la región que comprende a Guanajuato se encuentra el xoconostle *Opuntia matudaeae*, esta variedad de tuna reviste importancia desde diversos puntos de vista además del cultural, pues el xoconostle ha sido un importante factor de sustento económico del campesino mexicano quien los utiliza en su alimentación y como medicina alternativa y desde el punto de vista ecológico por su resistencia a la sequía debido a su enorme adaptación a los cambios climáticos y su contribución a la formación del suelo. Dadas las características fisiológicas que posee esta planta en cuanto a su facilidad de reproducción, a la adaptación a la acidez del suelo y a la gran diversidad de especies de la región así como al bajo manejo agronómico que requiere. (Bravo,. 1978).

## 2.8.2 Composición química

**Cuadro 3 Composición química del xoconostle**

|                     |       |
|---------------------|-------|
| Proteína            | 0.8 % |
| Lípidos             | 1.10% |
| Hidratos de carbono | 49.1  |
| Fibra cruda         | 0.40% |
| Pectina             | 1.10% |

**Fuente:** Universidad autónoma de Querétaro

Además, el xoconostle aporta betalaínas, compuestos que pueden tener una función antiviral o antibacterial, así como vitamina C, nutriente esencial para el ser humano que previene el daño del ADN. (Peralta., 1983)

## 2.8.3 Propiedades

Las propiedades del xoconostle han sido estudiadas por diversos institutos mexicanos, entre ellos destaca el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara; gracias a dichos estudios, se ha descubierto que consumir la cáscara del xoconostle es muy útil para controlar los niveles de glucosa en pacientes de diabetes mellitus tipo 2 y en personas sanas puede ayudar en su prevención, (Howes M-Jr. 2006) y también controlar niveles de colesterol o triglicéridos, dichas propiedades también destacan por aportar numerosas vitaminas y minerales al organismo.

Aporta hasta 199 miligramos de vitamina C por cada fruta; lo que representa un porcentaje mucho mayor al de otras frutas como el durazno o naranjas. Esta vitamina destaca por ser un poderoso antioxidante que previene la aparición de radicales libres y con ello reduce las posibilidades de desarrollar cáncer

## **2.9 Sustancia hipoglucémicas**

### **2.9.1 Compuestos polifenólicos**

Los compuestos polifenólicos tienen su origen en el mundo vegetal y representan a uno de los principales metabolitos secundarios de las plantas y su presencia en el reino animal se debe a la ingestión de éstas. Los fenoles son sintetizados por las plantas y son regulados genéticamente, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, aunque a este nivel también existen factores ambientales. Además, actúan como fitoalexinas (las plantas heridas secretan fenoles para defenderse de posibles ataques fúngicos o bacterianos) y contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta (p. ej. los antocianos son los responsables del color rojo, naranja, azul, púrpura o violeta que encontramos en las pieles de las frutas y hortalizas). Por otro lado, cuando los fenoles son oxidados, dan lugar a las quinonas que dan un color pardo que muchas veces es indeseable. (Castro F., 2009)

Existen alrededor de 8.000 compuestos polifenólicos identificados y la mayoría de estos poseen una estructura de 3 anillos, dos aromáticos (anillos A y B) y uno heterociclo oxigenado (anillo C). Los compuestos polifenólicos más sencillos poseen solo un anillo aromático y conforme aumenta el número de sustituyentes, se va incrementando la complejidad de la estructura. Previendo la gran diversidad de estructuras derivadas, a los compuestos polifenólicos se les ha agrupado en 12 familias. (Castro F.,2009)

De acuerdo a Gonzales (2010) los polifenoles, han despertado un interés creciente debido a su capacidad antioxidante, tanto como captadores de radicales libres como quelantes de metales. Estas propiedades antioxidantes son el motivo de sus posibles implicaciones en la salud humana, como son la prevención del cáncer, de las enfermedades cardiovasculares o incluso de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer.

## **2.9.2 Flavonoides**

Los flavonoides son compuestos fenólicos constituyentes de la parte no energética de la dieta humana. Se encuentran en vegetales, semillas, frutas, así como en bebidas (vino y cerveza) y han sido identificado más de 5.000 diferentes. Aunque los hábitos alimenticios son muy diversos en el mundo, el valor medio de ingesta de flavonoides se estima como 23 mg/día, siendo la quercitina el predominante con un valor medio de 16 mg/día. En un principio, fueron consideradas sustancias sin acción beneficiosa para la salud humana, pero más tarde se demostraron múltiples efectos positivos debido a su acción antioxidante y eliminadora de radicales libres. Aunque diversos estudios indican que algunos flavonoides poseen acciones prooxidantes, éstas se producen sólo a dosis altas, constatándose en la mayor parte de las investigaciones la existencia de efectos antiinflamatorios, antivirales o antialérgicos, y su papel protector frente a enfermedades cardiovasculares, cáncer y diversas patologías. (Gonzales, 2010)

Los flavonoides contienen en su estructura química un número variable de grupos hidroxilo fenólicos y excelentes propiedades del hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una gran capacidad antioxidante. Además representan una gran alternativa terapéutica para el descubrimiento de nuevo agentes farmacológicos para el tratamiento de enfermedades crónicas de elevada prevalencia como lo es el caso de la diabetes mellitus. (Gonzales, 2010)

## **2.10 Ácido ascórbico (Vitamina C)**

La vitamina C, o ácido ascórbico, es un compuesto hidrosoluble de 6 átomos de carbono relacionado con la glucosa. Su papel biológico principal parece ser el de actuar como cofactor en diversas reacciones enzimáticas que tienen lugar en el organismo y actúa como coenzima de las hidroxilasas de prolina y lisina, encargadas de hidroxilar la lisina y prolina en el protocógeno, modificación necesaria para que éste pueda formar los enlaces cruzados para formar las fibrillas de colágeno. En este sentido, la vitamina C es importante para el mantenimiento del tejido conjuntivo normal, para la curación de heridas y para la formación del hueso, ya que el tejido óseo contiene una matriz orgánica con colágeno. En su condición de agente reductor, el ácido ascórbico posee

otras propiedades importantes, que parecen ser no enzimáticas. Por ejemplo, ayuda a la absorción del hierro al reducirlo a su estado ferroso en el estómago; la vitamina C es un antioxidante biológico que protege al organismo del estrés oxidativo provocado por las especies oxígeno reactivas. (U. mayores., 2011)

La vitamina C es un compuesto inestable, debido a la facilidad con la que se oxida e hidrata, se destruyen con facilidad en el procesamiento, conservación y almacenamiento de los alimentos, por lo que es utilizada como indicador de la pérdida vitamínica durante éstos. Alimentos como los cítricos, kiwi, fresas, brócoli, lechuga, entre otros, son fuente natural de vitamina C, y su contenido depende de la especie, área geográfica en las que son cultivados, las condiciones de almacenamiento una vez recogidos y del estado de maduración. (U. mayores., 2011).

## **2.11 $\alpha$ – Amilasa**

Enzima que cataliza la hidrólisis de los enlaces  $\alpha$  -1,4 glucosídicos en forma aleatoria de la región central de las cadenas de amilosa y amilopectina, exceptuando las moléculas cercanas a la ramificación, obteniendo como resultado maltosa y oligosacáridos de varios tamaños (Cruger, 1993).

### **2.11.1 Generalidades**

Esta enzima tiene un peso molecular de 50.000 daltons, es estable a pH de 5.5 a 8.0 con una actividad óptima de 5.9. Las  $\alpha$  – amilasas son enzimas dependientes de calcio, aunque el catión no esté integrado en el centro activo de la enzima, se encuentra frecuentemente unido a la misma y solo pueden ser removidos a pH bajos por el uso de agentes quelantes. (Pedroza, 1999).

A menudo se nombra como enzima licuante debida a su rápida acción para disminuir la viscosidad de las soluciones de almidón (Pedroza, 1999). Las principales aplicaciones de las enzimas extracelulares que degradan el almidón consisten en la conversión del almidón en jarabes que contienen glucosa, maltosa y oligosacáridos. Entre las enzimas



comercialmente utilizadas se destacan las alfa amilasa de *Bacillus lincheniformis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Aspergillus oryzae* (Owen, 1989).

## **2.12 $\alpha$ -Glucosidasa**

Las  $\alpha$ -glucosidasas son enzimas que están presentes en una amplia gama de seres vivos como microorganismos, hongos, plantas y animales. La especificidad por el sustrato y sus propiedades dependen en gran medida de la fuente donde ella haya sido obtenida (Kim et al., 2008). De acuerdo a Hosseinaveh (2010) la función de éstas es hidrolizar enlaces  $\alpha$  1,4 y 1,6 de oligo y disacáridos.

El estudio del mecanismo de inhibición de la  $\alpha$ -Glucosidasa es aplicable en el tratamiento de enfermedades en seres humanos y en el diseño de nuevo métodos para el control de plagas con el propósito de proteger los cultivos de importancia agronómica.

### **2.12.1 Anti-hiperglicémica**

Los inhibidores de las  $\alpha$ -glucosidasas retrasan la absorción de carbohidratos; tienen un papel en el estado pre-diabético reduciendo la progresión de la diabetes complicaciones vasculares crónicas y la obesidad (Huang et al., 2011). Existen varios métodos para cuantificar la actividad catalítica de una enzima como los métodos fotométricos y los métodos fluorimétricos; sin embargo, los métodos fotométricos son los más utilizados para este propósito (Glatz, 2006).

### **3 MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 Sitio experimental**

Este proyecto fue realizado en el Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, en el laboratorio de bromatología, dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### **3.2 Material biológico**

El nopal fue adquirido en la central de abastos de saltillo Coahuila ya limpio y sin espinas y el xoconostle se adquirió en un predio del municipio del mismo municipio.

#### **3.3 Materiales reactivos y métodos**

A continuación se enlistan los materiales y reactivos utilizados en las distintas etapas del proyecto.

##### Materiales

|                     |   |
|---------------------|---|
| Embudos             | Cuchillo                                  |
| Matraces Erlenmeyer | Matraz de aforación                       |
| Pipetas             | Parrila                                   |
| Gasas               | Matraz de precipitado de 50, 250 y 600 ml |
| Tubos de ensaye     | Celdillas                                 |
| Micro pipeta        | Vasos de precipitado                      |
| Gradilla            | Bureta graduada                           |
| Baño María          | Espectrofotómetro                         |
| Espátula            | Termómetro                                |
| Tabla de picar      | Nutri-bullet                              |
| Papel secante       |   |
| Papel aluminio      |   |

## Reactivos

Buffer fosfatos pH 7.0

$\alpha$  – Amilasa

$\alpha$ -Glucosidasa

$\alpha$ -D- Glucopiranosido

Agua destilada

Ácido clorhídrico

Reactivo de Thielmann

Ácido dinitrosalisílico

Almidón al 10%

### **3.4 Metodología Experimental**

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en distintas etapas y al término se realizó un análisis estadístico de prueba factorial.

#### **3.4.1 Etapa 1. Esterilización de envases.**

La esterilización de los envases (vidrio y plástico) se llevó a cabo bajo las siguientes condiciones:

Los envases de plástico se esterilizaron por el método de vapor a una temperatura de 134° durante 3 minutos.

Los envases de vidrio fueron esterilizados colocándolos en un recipiente con agua a contacto con la parrilla y una vez que el agua alcanza su punto de ebullición se metieron los envases procurando que estos se llenen con el agua, a partir de ahí se contaron 15 minutos y se retiraron.

#### **3.4.2 Etapa 2. Obtención del zumo.**

El nopal se picó sobre una tabla rígida especial para esta tarea, empleando un cuchillo, posteriormente se pesó el nopal en una balanza tipo granataria, se tomaron 500 g de nopal para realizar cada repetición.

El xoconostle se limpió con papel secante para retirar las espinas, se pesó para tomar 500 g de muestra de xoconostle con todo y cáscara para cada repetición, posterior a esto se le retiró la cáscara.

En ambos casos se colocaron los 500g en una máquina nutribullet y se procedió a moler para obtener el jugo.

Todo lo anterior se realizó para la obtención del jugo de nopal y de xoconostle, con 5 repeticiones por cada tiempo y así para realizar las determinaciones en intervalos de 48 hrs.

### **3.4.3 Etapa 3. Tratamientos térmicos**

#### **❖ Pasteurizado.**

Este tratamiento fue aplicado a ambos jugos (nopal y xoconostle) y se llevó a cabo a través de una pasteurización rápida que consiste en dejar que el jugo llegue a una temperatura de 72 ° C durante 15 o 20 segundos, para posteriormente enfriar a 6 °C, para tener una eliminación parcial de microorganismos.

La pasteurización del jugo fue hecha por separado es decir, al término de la extracción del jugo de los 500 g de nopal y xoconostle, este se sometió al tratamiento térmico, siguiendo este procedimiento para cada uno de los tiempos y repeticiones.

#### **❖ Fresco.**

El jugo de nopal así como el jugo de xoconostle no fue sometido a ningún tratamiento térmico al término de la extracción del jugo se procedió a envasarlo.

### **3.4.4 Etapa 4. Envasado**

En cada envase de plástico y vidrio se le colocó jugo de nopal y xoconostle con diferente tratamiento térmico (fresco y pasteurizado).

### **3.4.5 Etapa 5. Etiquetado**

Se colocó una etiqueta a cada envase, colocando los datos de cada tratamiento térmico, número de tiempo y repetición.

### **3.4.6 Etapa 6. Almacenamiento**

Las muestras fueron almacenadas bajo refrigeración a una temperatura de 4°C a lo largo de todo el proyecto hasta concluir el último tiempo y repetición.

### **3.4.7 Etapa 7. Determinaciones analíticas.**

Cada una de las determinación que se realizaron a los dos tipos de jugos se llevaron a cabo con intervalos de 48 hrs empezando con el tiempo cero (T0) el mismo día en que el jugo fue extraído, sometido a tratamiento térmico y envasado, cabe mencionar que se realizaron los mismos métodos de determinación para todos los tratamientos aplicados y para los dos tipos de jugo.

Las determinaciones fueron realizadas en cada uno de los tiempos y repeticiones.

- pH

Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro de la marca Hanna, se calibró con buffer de pH 4 y 7. Se tomaron 20 ml de cada muestra y se sumergió el potenciómetro para tomar la lectura.

- Ácido Ascórbico (Vitamina C)

Primeramente se tomaron 10 ml del jugo en un probeta y se le agregaron 10 ml de HCl, se homogenizo con una espátula y se filtró con ayuda de un embudo, una gasa y una probeta de mayor tamaño, posteriormente se midió el volumen filtrado y se tomaron 10 ml del producto filtrado, subsiguientemente se tituló con reactivo de Thielmann hasta que la muestra se tornara de un color rosa que prevaleciera al menos durante 130 segundos.

La determinación de ácido ascórbico en el presente proyecto se calculó bajo la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{mg de ácido ascórbico}}{100 \text{ g de muestra}} = \frac{\text{ml gastados} * 0.088 * \text{ml del filtrado}}{10}$$

- Inhibición de  $\alpha$  – Amilasa

Primeramente se realizó una mezcla de 1ml de jugo + 9 ml de agua, posterior a ello se tomaron en un tubo de ensaye 100  $\mu$ l de jugo y se le agregaron 100  $\mu$ l de buffer fosfatos a pH 7 y 100  $\mu$ l de almidón al 10%. Se agregó también 100  $\mu$ l de  $\alpha$  – amilasa pre incubada a 25°C por 10 minutos. Sucesivamente se procedió a incubar los tubos a 25 °C durante 30 minutos para después atemperar a temperatura ambiente.

Posteriormente se añadieron 1000  $\mu$ l de ácido dinitrosalisílico, y se colocaron en baño de agua hirviendo durante 5 minutos, se atemperó y se leyó la absorbancia a 540 nm utilizando como blanco la solución buffer en lugar del jugo.

- Inhibición de  $\alpha$  – Glucosidasa

Se tomaron 100  $\mu$ l de jugo en un tubo de ensaye, posteriormente se le agregaron 100  $\mu$ l de buffer fosfatos pH 7 más 100  $\mu$ l de  $\alpha$  – glucosidasa, se procedió a incubar el tubo de ensaye a 25°C durante 5 minutos, seguido de esto se agregaron 100  $\mu$ l de  $\alpha$  – D glucopiranosido y nuevamente se incubó a 25° C durante 10 minutos, para finalizar se leyó la absorbancia a 405 nm utilizando como blanco la muestra buffer de fosfatos y como control una muestra de agua destilada.

### **3.4.8 Etapa 8. Velocidad de deterioro (Valor K)**

La velocidad de deterioro se determinó bajo el análisis de la ecuación de Arrhenius.

### **3.4.9 Etapa 9. Análisis estadístico.**

Se realizó una prueba factorial con tres factores, el primero de ellos fue el tipo de envase: plástico y vidrio. El segundo factor fue el tratamiento térmico con dos niveles, el primero sin tratamiento térmico (fresco) y el segundo con pasteurización. El tercer factor fue el tiempo de almacenamiento en refrigeración, que se midió en 7 etapas. En el análisis de varianza también se contemplaron las interacciones entre los tratamientos. El paquete utilizado fue el SAS 9.0

Para fines prácticos, las observaciones del factor tiempo se consideraron independientes, y de manera complementaria se realizaron pruebas de regresión de los resultados de tiempo en los casos que fueran necesarios.

Los dos productos analizados fueron el jugo de nopal y el de xoconostle. Las variables medidas en ambos casos fue el pH y la vitamina C.

## 4 RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos en el ANVA, el jugo de nopal y el de xoconostle presentan diferencia significativa en cada tipo de tratamiento térmico y envase utilizado.

### 4.1 Determinación de pH

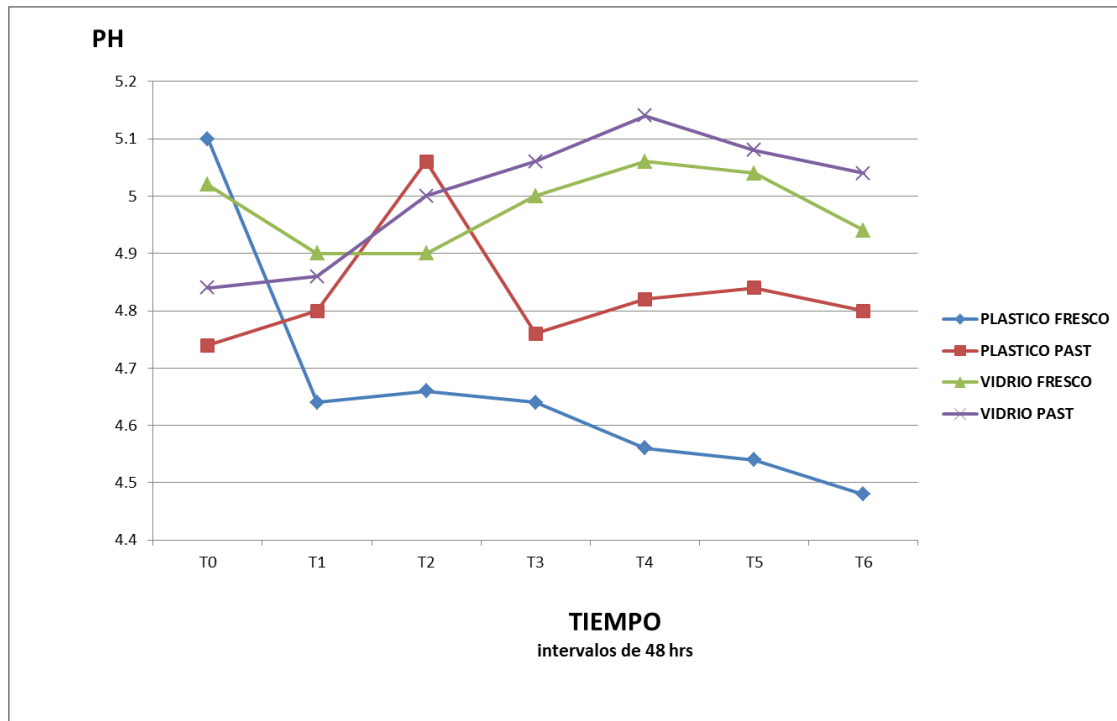
El nopal presenta un pH poco ácido, sus niveles corresponden a menos de cuatro punto cinco, por lo que es un producto altamente perecedero y medio adecuado para la reproducción de microorganismos que desarrollan a un pH menor a cuatro punto cinco, por lo que se requiere de la aplicación de tratamientos más severos que permitan una reducción de microorganismos para prolongar la vida útil de producto. (Sáenz C.,2003).

El xoconostle (*Opuntia joconostle*) en comparación con el nopal (*Opuntia ficus indica*) posee un pH menor a tres punto cinco lo cual es un factor protector, que impide el crecimiento de microorganismos perjudiciales. (Morales L., 2009)

#### 4.1.1 PH en el jugo de nopal

La Figura No. 1 muestra el gráfico para los valores de pH obtenidos en el jugo de nopal, comparando los valores en los distintos tratamientos aplicados, los cuales determinan que de acuerdo al ANVA existe diferencia significativa de acuerdo al tipo de envase utilizado y el tratamiento térmico aplicado (Cuadro No.4)





**Figura 1 Comportamiento del pH para jugo de nopal, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.**

En la gráfica anterior se observa que existe gran diferencia de pH entre los distintos tratamientos aplicados, podemos observar que se obtienen mejores resultados en los tratamientos donde se utilizó el envase de vidrio, siendo el vidrio pasteurizado el tratamiento que muestra una mayor elevación en los niveles de pH por lo que la proliferación de microorganismos fue menor y al finalizar la evaluación tiempo 7 este aún conservaba sus características organolépticas como olor y color, el análisis ANVA nos muestra que existe diferencia significativa respecto al envase (cuadro 4), teniendo mayor valor el envase de vidrio con 4.99, También se obtuvo una diferencia muy significativa respecto al tratamiento térmico, ya que en el jugo fresco se obtuvo una media de 4.8 y un valor superior en el pasteurizado de 4.92.

**Cuadro 4 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el pH en el jugo de nopal**

| Fuente         | GL  | Suma Cuad  | CM         | F-Valor | Pr > F |
|----------------|-----|------------|------------|---------|--------|
| Envase         | 1   | 1.80035714 | 1.80035714 | 127.35  | <.0001 |
| Past           | 1   | 0.41285714 | 0.41285714 | 29.20   | <.0001 |
| Tiempo         | 6   | 0.23803571 | 0.03967262 | 2.81    | 0.0150 |
| Envase*past    | 1   | 0.18892857 | 0.18892857 | 13.36   | 0.0004 |
| Envase*Tiempo  | 6   | 0.63839286 | 0.10639881 | 7.53    | <.0001 |
| Past*Tiempo    | 6   | 0.77339286 | 0.12889881 | 9.12    | <.0001 |
| Error          | 90  | 1.27232143 | 0.01413690 |         |        |
| Total correcto | 111 | 5.32428571 |            |         |        |

Estos resultados coinciden con la literatura consultada ya que Sáenz C. (2003) menciona que a pesar del alto nivel perecedero que posee el nopal por su pH óptimo para la proliferación de microorganismos, éste puede alargar su vida útil siendo sometido a tratamientos como lo es el caso de pasteurización, sin embargo la literatura menciona que la vida de anaquel del nopal sometido a este tipo de tratamiento térmico puede alargarse de 4 a 5 días, en el caso del jugo de nopal pasteurizado y envasado en vidrio que se utilizó en el proyecto, éste permaneció sin proliferación durante 14 días, estas variantes pueden deberse al tipo de envase que se utilizó para conservar el jugo, o bien a las condiciones de almacenamiento, ya que éste estuvo durante los 14 días en refrigeración.

El jugo de nopal sin tratamiento térmico envasado en vidrio muestra que en el tiempo 1 y 2 el pH se mantuvo constante, fue en el tiempo 3 y 4 cuando se tuvo un incremento, incluso por encima del jugo de nopal pasteurizado envasado en plástico, sin embargo en el jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en vidrio no se encontró proliferación de microorganismos sino hasta el tiempo 6, lo cual nos indica que la pasteurización es un método de conservación funcional.

En cuanto al jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en plástico podemos observar en la Figura No. 1 que el pH disminuyó con el paso del tiempo, teniendo al finalizar el proyecto (tiempo 7) un pH menor al que nos marca la literatura, cabe mencionar que la proliferación de microorganismos surgió a partir del tiempo 4,

afectando las características organolépticas, ya que adquirió un olor distinto a los convencionales y un cambio significativo en la viscosidad.

El análisis ANVA indica que la opción para el mayor pH es el vidrio con pasteurización, y para el menor pH es el plástico en fresco.

Así mismo el análisis ANVA arroja que el pH no presenta diferencia estadísticamente significativa en relación con el tiempo, ya que los cambios se atribuyen al tratamiento térmico aplicado así como al material de envase utilizado.

#### 4.1.2 PH en el jugo de xoconostle

La Figura No. 2 muestra el gráfico para los valores de pH obtenidos en jugo de xoconostle, comparando estadísticamente los valores en los distintos tratamientos aplicados, los cuales determinan que si existe diferencia significativa entre tratamientos térmicos y tipos de envase utilizados (Cuadro 5).

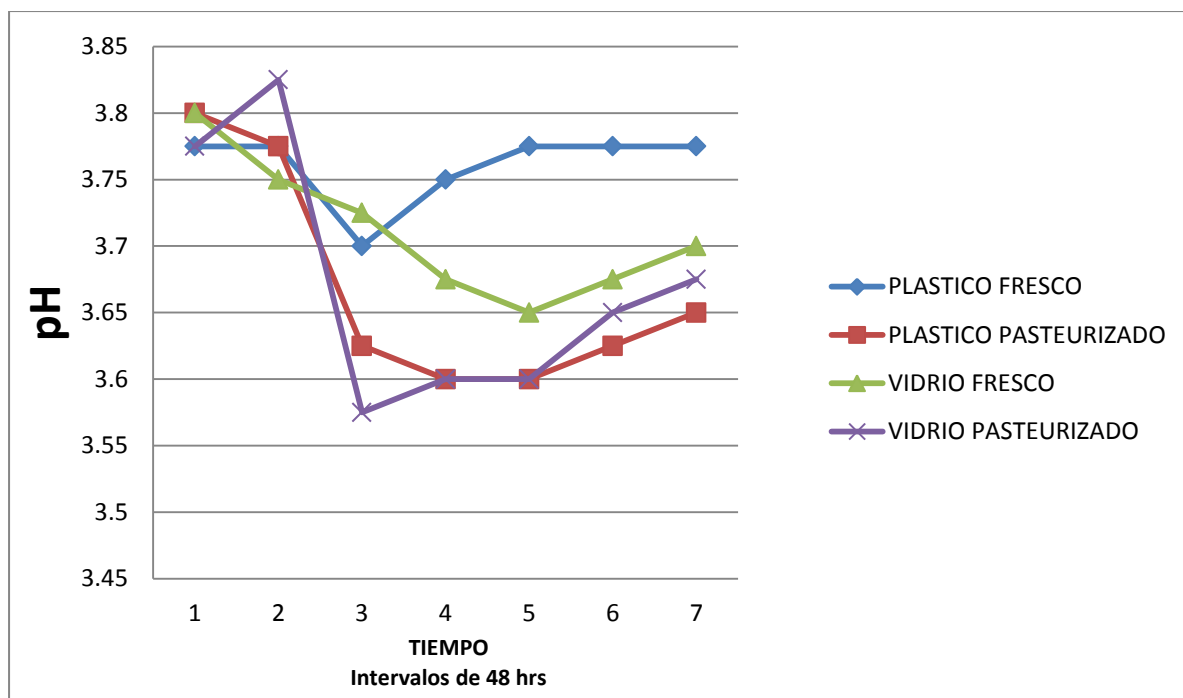


Figura 2 Comportamiento del pH para jugo de xoconostle, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.

En la gráfica anterior podemos observar que los niveles de pH del jugo de xoconostle disminuyeron con el paso del tiempo. Sin embargo se observa que el jugo de xoconostle sometido a tratamiento térmico y envasado en vidrio tuvo una elevación en los niveles de pH, quedando en un pH mayor al que marca la literatura (Morales L 2009), sin embargo al término del proyecto el jugo de xoconostle pasteurizado y envasado en vidrio presentaba proliferación de microorganismos, esto pudo ser ocasionado por el grado de madurez del fruto o por una contaminación cruzada.

En el jugo de xoconostle pasteurizado y envasado en plástico podemos observar que en el tiempo 2 comienza a disminuir su nivel de pH, pero en el tiempo 6 y 7 se tiene una elevación en los niveles de acidez.

En la Figura No. 2 también podemos observar que en el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico y envasado en vidrio se tiene una constante disminución en los niveles de pH, teniendo en el tiempo 5 el nivel más bajo, mientras que en el tiempo 6 y 7 podemos observar que el pH tiende a elevarse, teniendo un pH superior al que presenta el jugo de xoconostle pasteurizado y envasado en vidrio.

Mientras tanto en el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico y envasado en plástico mantuvo su nivel de pH en el tiempo 1 y 2, sin embargo se puede observar que con el paso del tiempo el pH continúa elevándose hasta el tiempo 5 donde el pH fue uniforme hasta el término del proyecto, podemos observar en el gráfico que al término del proyecto el jugo de xoconostle obtuvo el mismo nivel de acidez que tenía al comienzo.

Sin embargo pese a que los niveles de pH son bajos para la proliferación de los microorganismos y comparando con lo que marca la literatura (Sánchez 1994) a partir del tiempo 4 el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico y envasado en plástico presentaba microorganismos que modificaron las características organolépticas del producto (color y olor).

**Cuadro 5 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el pH en el jugo de xoconostle**

| Fuente         | GL  | Suma de Cuad | CM         | F-Valor | Pr > F |
|----------------|-----|--------------|------------|---------|--------|
| Envase         | 1   | 0.01508929   | 0.01508929 | 4.20    | 0.0432 |
| Past           | 1   | 0.12223214   | 0.12223214 | 34.05   | <.0001 |
| Tiempo         | 6   | 0.32482143   | 0.05413690 | 15.08   | <.0001 |
| Envase*past    | 1   | 0.02008929   | 0.02008929 | 5.60    | 0.0201 |
| Envase*Tiempo  | 6   | 0.01553571   | 0.00258929 | 0.72    | 0.6334 |
| Past *Tiempo   | 6   | 0.08839286   | 0.01473214 | 4.10    | 0.0011 |
| Error          | 90  | 0.32303571   | 0.00358929 |         |        |
| Total correcto | 111 | 0.90919643   |            |         |        |

El análisis ANVA nos arroja que existe diferencia significativa entre el material de envase utilizado (cuadro 5), teniendo un valor superior en el envase de plástico con 3.71 contra el envase de vidrio con 3.69 Respecto al tratamiento térmico, también se encontró diferencia muy significativa, siendo el mayor valor el jugo fresco con 3.73 y el de pasteurización de 3.66; estos valores resultaron contradictorios con el comportamiento del jugo nopal, esta diferencia se debe a que el nopal es un cladodio mientras que el xoconostle es un fruto porque lo poseen características diferentes. En relación con el tiempo, se encontró que existe diferencia significativa en el pH, sin embargo esta variación no corresponde directamente al tiempo, si no a distintas variantes como lo son las condiciones de almacenamiento.

Existe interacción en los factores evaluados (tipo de envase, tratamiento térmico y tiempo), siendo el valor más alto para el jugo envasado en plástico en fresco y el menor valor para el jugo envasado en vidrio y pasteurizado.

#### **4.2 Ácido ascórbico (vitamina C)**

Los resultados para el jugo de nopal indican que éste contiene en promedio 266 mg de ácido ascórbico en 100g de muestra, mientras que en el jugo de xoconostle se tiene en promedio 57.06 mg de ácido ascórbico en 100 g de muestra , por lo que estos resultados discrepan de la literatura consultada ya que Guzmán D, 2007 reporta que Una penca de nopal (*Opuntia Ficus Indica*) aporta de 37-27 mg de ácido ascórbico,

dependiendo de la madurez, mientras que INIFAP, 2010 marca que un xoconostle tiene un nivel de vitamina C más alto cerca de 200 mg.

#### 4.2.1 Vitamina C en jugo de nopal

La Figura No.3 muestra el gráfico con el contenido de vitamina C expresados en mg de ácido ascórbico por cada 100g de muestra, comparando los valores obtenidos en los distintos tratamientos aplicados, de los cuales después del ANVA muestra que existe diferencia significativa entre tratamientos térmicos y tipos de envase utilizados.

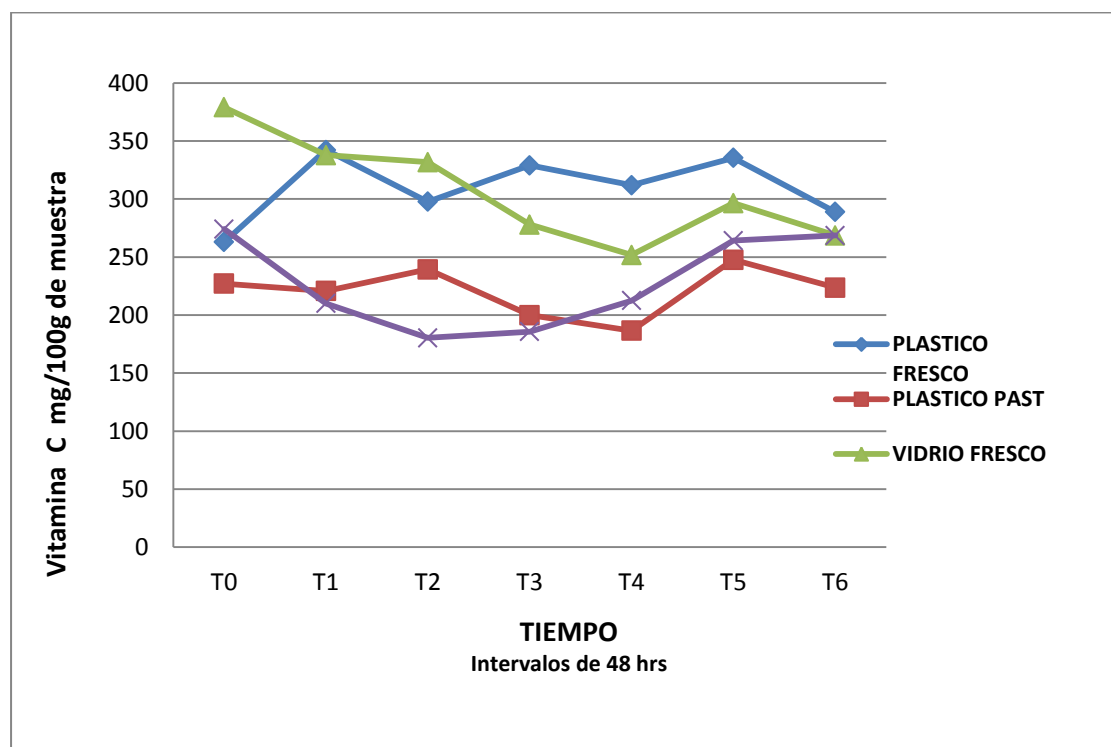


Figura 3 Comportamiento del contenido de ácido ascórbico para jugo de nopal, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.

En el gráfico anterior podemos observar que el jugo de nopal pasteurizado y envasado en vidrio tiene una disminución en su contenido de vitamina C a partir del tiempo 0 siendo en el tiempo 2 cuando tuvo los niveles más bajos, quedando el contenido de vitamina C por debajo de los demás tratamientos aplicados, sin embargo podemos observar que con el paso del tiempo el contenido vuelve aumentar teniendo al finalizar el proyecto en el tiempo 6 un contenido por encima de los 250 mg de ácido ascórbico.

En la Figura No. 3 también podemos observar que en el jugo de nopal pasteurizado y envasado en plástico en contenido de vitamina C en el tiempo 1 no sufre una disminución considerable, mientras que en el tiempo 2 se tiene un aumento de casi 50 mg, teniendo a si en el tiempo 5 el mayor contenido de ácido ascórbico en el tratamiento, pese a esto podemos observar que al finalizar el proyecto tiempo 6 los niveles de ácido ascórbico vuelven a disminuir quedando el contenido de vitamina C en los mismos valores que en el tiempo 0.

El jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en vidrio mostró que el contenido de ácido ascórbico disminuyo a partir del tiempo 1, siendo en el tiempo 4 cuando se tuvo el nivel más bajo de vitamina C, sin embargo podemos observar que en el tiempo 5 se tiene un aumento considerable, pero al finalizar el proyecto tiempo 6 el contenido de ácido ascórbico vuelve a disminuir, estas variantes puede deberse a que en el tiempo 6 la muestra presentaba proliferación de microorganismos.

En el gráfico anterior también podemos observar que en el jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en plástico ocurre lo contrario a los demás tratamientos ya que en el tiempo 1 se tiene un aumento en el contenido de ácido ascórbico de hasta 100 mg, cabe mencionar que a partir del tiempo 4 la muestra presentaba proliferación de microorganismos, al término del proyecto tiempo 6 el jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en plástico presento los niveles de vitamina C más altos en comparación con los demás tratamientos aplicados.

**Cuadro 6 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el contenido de ácido ascórbico en el jugo de nopal**

| Fuente         | GL  | Suma de Cuad | CM          | F-Valor | Pr > F |
|----------------|-----|--------------|-------------|---------|--------|
| Envase         | 1   | 66.0511      | 66.0511     | 0.06    | 0.8109 |
| Past           | 1   | 224436.4899  | 224436.4899 | 195.63  | <.0001 |
| Tiempo         | 6   | 37006.9664   | 6167.8277   | 5.38    | <.0001 |
| Envase*Past    | 1   | 112.7011     | 112.7011    | 0.10    | 0.7547 |
| Envase*Tieimp  | 6   | 37102.0464   | 6183.6744   | 5.39    | <.0001 |
| Esteril*Tiempo | 6   | 26900.1121   | 4483.3520   | 3.91    | 0.0016 |
| Error          | 90  | 103251.6893  | 1147.2410   |         |        |
| Total correcto | 111 | 428876.0562  |             |         |        |

A si en el Cuadro No.6 podemos observar que el análisis ANVA arroja que en los valores de vitamina C en el jugo de nopal no se encontró diferencia significativa respecto al envase, pero si respecto al tratamiento térmico ya que se tiene una diferencia muy significativa, teniendo el valor mayor en el jugo fresco con 306.52 y en el pasteurizado con 216.99 mg/100g.

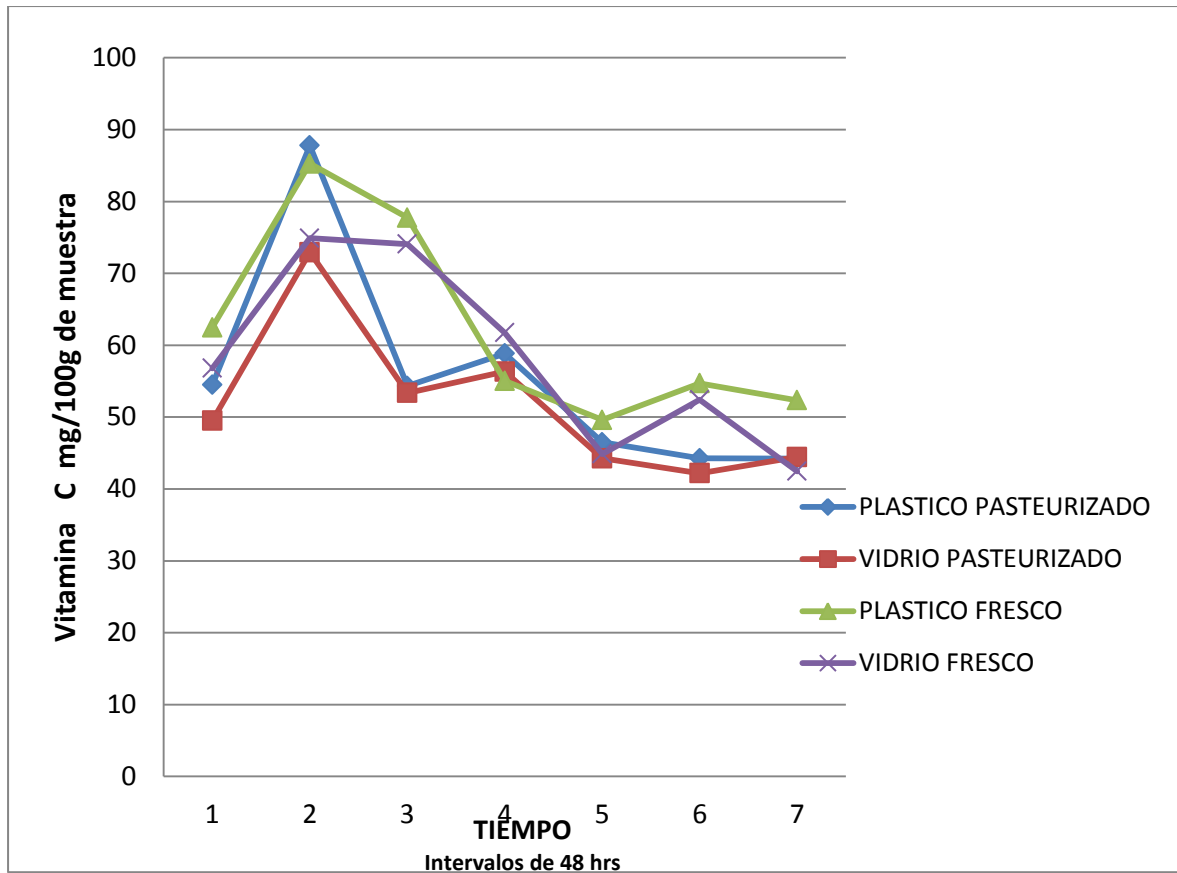
En el análisis respecto al tiempo se encontró que existe diferencia significativa, sin embargo esta diferencia no se explica por el tiempo, ya que en las últimas dos observaciones el valor aumenta cuando la tendencia era a disminuir.

La información obtenía en este proyecto difiere de literatura consultada. (Guzmán L, 2007), ya que se obtuvo un contenido más alto de ácido ascórbico en este proyecto, esto puede deberse a el grado de madurez del nopal utilizado o bien a que Guzmán L. reporta que el contenido de vitamina C que ella obtuvo fue analizado directamente en la penca de nopal, y no en un subproducto como en el caso de este proyecto.

#### **4.2.2 Vitamina C en el jugo de xoconostle**

La Figura No.4 muestra el gráfico con el contenido de vitamina C para el jugo de xoconostle, expresados en mg de ácido ascórbico por cada 100g de muestra, comparando los valores obtenidos en los distintos tratamientos aplicados, los cuales después del ANVA se tiene que existe diferencia significativa (Cuadro 7).





**Figura 4** Comportamiento de contenido de ácido ascórbico para jugo de xoconostle, considerando dos tipos de envase y dos tratamientos diferentes.

En el gráfico anterior podemos observar que en el jugo de xoconostle con tratamiento térmico envasado en vidrio y plástico presentan una similitud en el comportamiento del contenido de ácido ascórbico, siendo en el tiempo 2 cuando el jugo de xoconostle con tratamiento térmico y envasado en plástico tiene un incremento de 30 mg en el contenido de vitamina C superando el contenido de los demás tratamientos aplicados, sin embargo durante el transcurso del proyecto el contenido de vitamina C es muy similar al que contiene el tratamiento envasado en vidrio ya que al final de proyecto ambos presentan el mismo contenido de ácido ascórbico.

También podemos observar que el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico envasado en vidrio en el tiempo 1 tiene un aumento en el contenido de ácido ascórbico que se mantiene hasta el tiempo 3, sin embargo finalizar el proyecto tiempo 7 el contenido de vitamina C es inferior.

En la Figura 4 podemos observar que el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico y envase en plástico presenta un incremento en el contenido de ácido ascórbico en el tiempo 1, sin embargo a partir del tiempo 2 y hasta el tiempo 5 el contenido de vitamina C disminuye, para que al final del proyecto (tiempo 7) éste presente una disminución quedando con 10 mg menos de vitamina C de la que tenía al principio. Cabe mencionar que en este tratamiento la proliferación de microorganismos se mostró a partir del tiempo 4. Sin embargo también podemos apreciar que es el jugo de xoconostle sin tratamiento térmico envasado en vidrio el que presenta al final del proyecto el mayor contenido de ácido ascórbico.

**Cuadro 7 Análisis de varianza entre los distintos tratamientos para el contenido de ácido ascórbico en el jugo de xoconostle**

| Fuente         | GL  | Suma de Cuad. | CM         | F-Valor | Pr > F |
|----------------|-----|---------------|------------|---------|--------|
| Envase         | 1   | 469.92590     | 469.92590  | 7.11    | 0.0091 |
| Past           | 1   | 1182.22013    | 1182.22013 | 17.88   | <.0001 |
| Tiempo         | 6   | 14654.15595   | 2442.35932 | 36.94   | <.0001 |
| Envase*past    | 1   | 0.94650       | 0.94650    | 0.01    | 0.9050 |
| Envase*Tiempo  | 6   | 480.15593     | 80.02599   | 1.21    | 0.3083 |
| Past*Tiempo    | 6   | 1479.82585    | 246.63764  | 3.73    | 0.0023 |
| Error          | 90  | 5949.85238    | 66.10947   |         |        |
| Total correcto | 111 | 24217.08264   |            |         |        |

En el Cuadro No. 7 podemos observar que en el análisis ANVA se encontró que existe diferencia significativa respecto al envase, siendo el mayor valor para el envase de plástico con 59.11 y 55.61 mg/100 g para el envase de vidrio. Respecto al tratamiento térmico también hay diferencia significativa, teniendo un valor de 60.31 para el jugo en fresco y 53.81 mg/100g para el jugo pasteurizado.

En esta ocasión en análisis ANVA muestra que si existe diferencia significativa con respecto del tiempo, sin embargo no existe interacción en el material de envase respecto al tratamiento térmico o al tiempo, lo que indica que se comporta de manera independiente.

Los resultados anteriores discrepan de los de INIFAP (2010) y Villegas G, (1997) quienes reportan que xoconostle aporta 200 mg de ácido ascórbico y 77 mg en 100g, las variantes obtenidas en los resultados pueden deberse al grado de madurez que presentaba el xoconostle utilizado para la extracción de jugo o bien por la proliferación de los microorganismos.

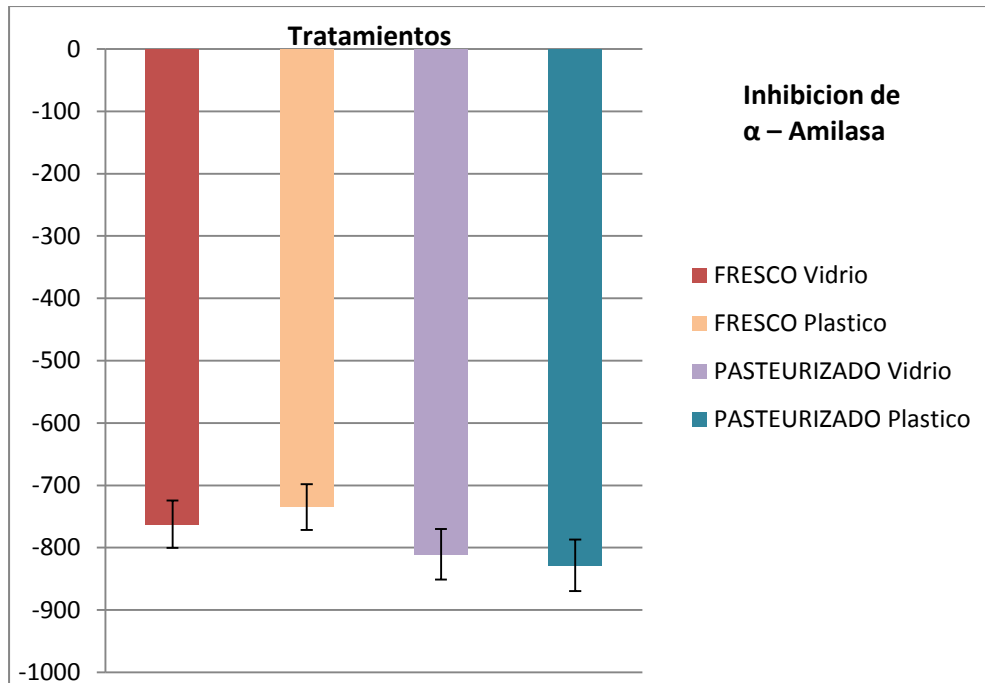
### **4.2.3 Inhibición de $\alpha$ – Amilasa**

Los resultados de la evaluación del efecto de los jugos de nopal y xoconostle sobre la actividad de la enzima  $\alpha$ -amilasa se presentan a continuación.

#### **4.2.3.1 Inhibición de $\alpha$ – Amilasa en jugo de xoconostle.**

En la Figura No.5 podemos observar que los resultados obtenidos son negativos, sin embargo se observan valores con diferencia significativa -762.22, -734.72 en los jugos de xoconostle sin tratamiento térmico en comparación con los que tuvieron aplicación del tratamiento de pasteurización -810.46, -828.14, lo que nos indica que la aplicación de calor altera la efectividad de las sustancias.

Estos resultados coinciden por los reportados por Alcocer T. (2016) quien reporta que no se encontró inhibición de  $\alpha$ -Amilasa en el jugo extraído de xoconostle, pese a esto los resultados difieren ya que presenta un valor de -2229.2 en la inhibición, mientras que en éste proyecto lo valores son de -828.14.



**Figura 5** Inhibición de  $\alpha$ - Amilasa en jugo de xoconostle, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase.

#### 4.2.3.2 Inhibición de $\alpha$ – Amilasa en jugo de nopal.

En la Figura No.6 se observa que en el jugo de nopal pasteurizado existe inhibición de  $\alpha$  – Amilasa lo cual nos indica que el jugo de nopal en comparación con el jugo de xoconostle el calor es un factor benéfico, ya que como se puede observar en el jugo de nopal sin tratamiento térmico no existe inhibición de  $\alpha$  – Amilasa arrojando valores de -92.5 y -63.148

Estos resultados discrepan de los obtenidos por Alcocer T. (2016) quien reporta que no existe inhibición de  $\alpha$  – Amilasa en extracto de nopal, sin embargo cabe mencionar que la diferencia entre ambos resultados se puede deber a la aplicación del tratamiento térmico de pasteurización.

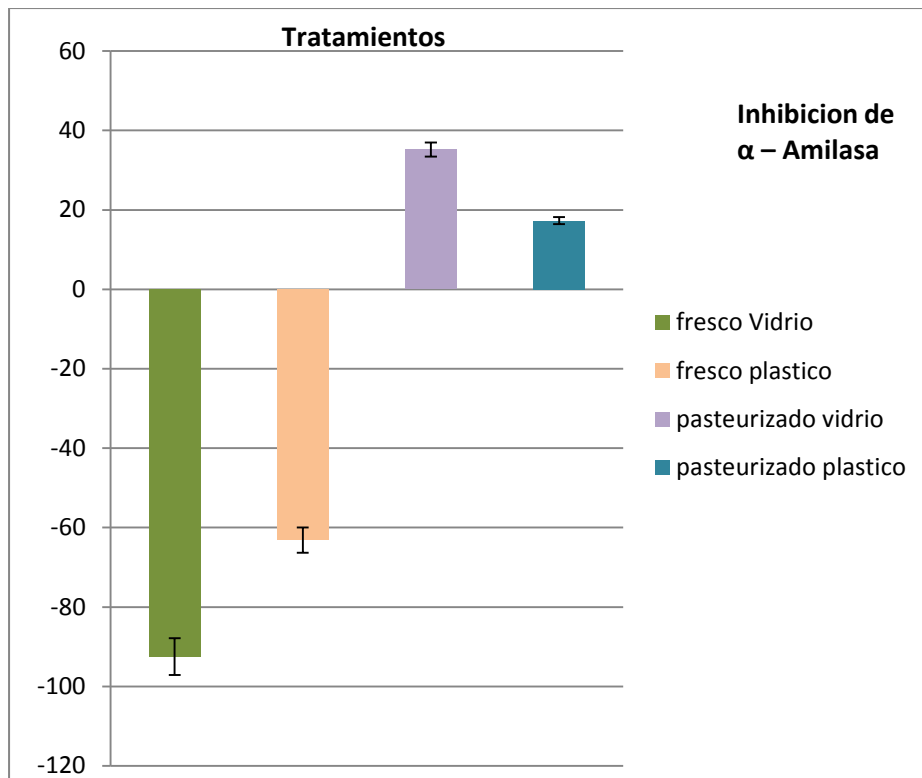


Figura 6 Inhibición de  $\alpha$ - Amilasa en jugo de nopal, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase

### 4.3 Inhibición de $\alpha$ – Glucosidasa

Los resultado obtenidos en este proyecto indican que no existe la inhibición de  $\alpha$  – Glucosidasa en el jugo de nopal y en el jugo de xoconostle, sin embargo se puede observar en las distintas figuras que estos resultados no se deben a la aplicación de tratamientos térmicos por lo que se abre pie a futuras investigaciones.

#### 4.3.1.1 Inhibición de $\alpha$ – Glucosidasa en jugo de xoconostle

En la Figura No.7 podemos observar que no existe inhibición de  $\alpha$ -Glucosidasa en ninguno de los tratamientos aplicados al jugo de xoconostle, sin embargo podemos observar que existe diferencia significativa entre tratamientos, ya que en el jugo de xoconostle con tratamiento térmico se encuentran valores de -810.46 y -828.14, mientras que en el jugo sin pasteurización los valores son de -762.22 y -734.72.

Esta información discrepa con Abirami A. (2014) quien reporta que existe la inhibición de  $\alpha$ -Glucosidasa hasta en un 80% en cítrico, la diferencia entre los resultados obtenidos en este proyecto y los que marca la literatura pueden deberse al tipo de fruto evaluado, sin embargo los resultados obtenidos en este proyecto tan difieren de López L. (2014) quien obtiene la inhibición de  $\alpha$ -Glucosidasa en un 50% en cebollas de distintas variedades, sin embargo este menciona que la variabilidad en la inhibición de la enzima varia de un 50 a 3 % entre las distintas variedades evaluadas cebolla blanca, amarilla y morada.

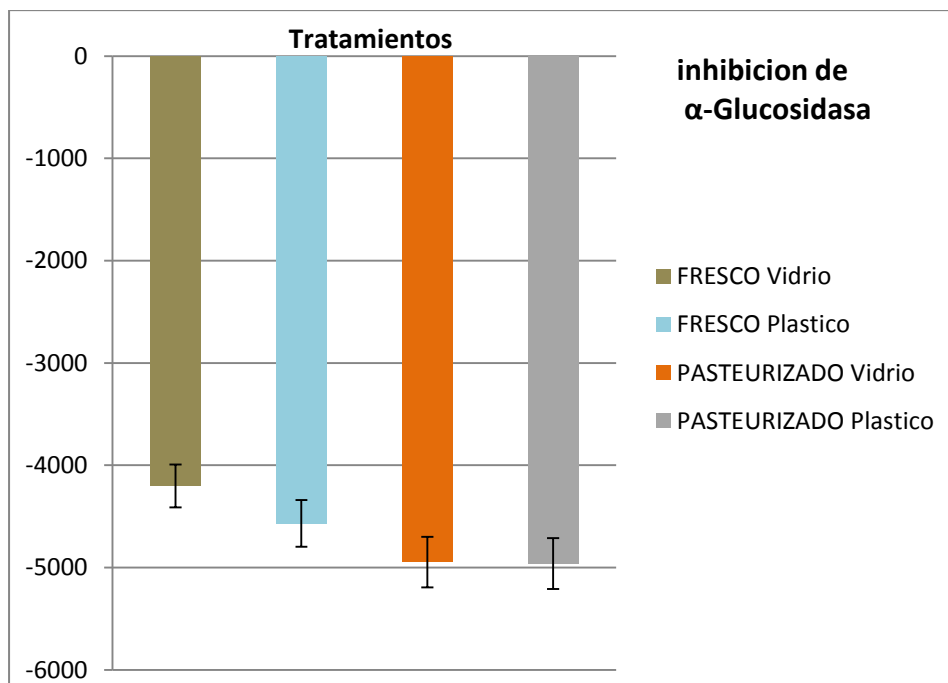
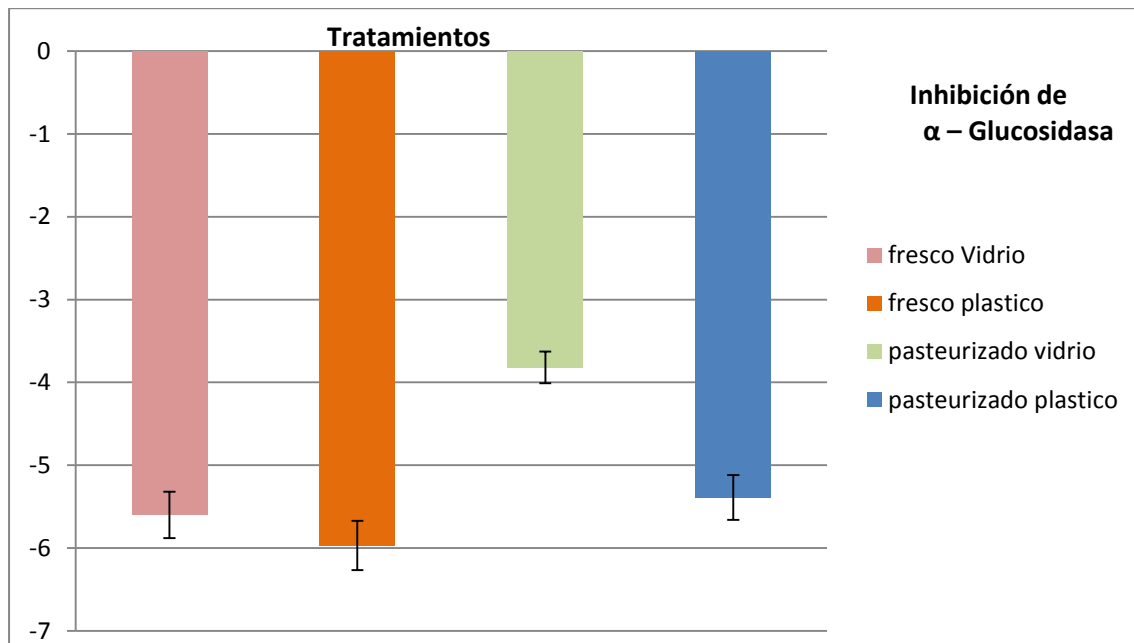


Figura 7 Inhibición de  $\alpha$ - Glucosidasa en jugo de xoconostle, considerando dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase

#### 4.3.1.2 Inhibición de $\alpha$ – Glucosidasa en jugo de nopal

En la Figura No. 8 podemos observar que no existe inhibición de  $\alpha$  – Glucosidasa en el jugo de nopal, sin embargo podemos observar que el jugo de nopal con tratamiento térmico arroja valores inferiores de -5.39 y -3.82 en comparación de los que se obtienen para el jugo de nopal sin tratamiento térmico -5.97 y -5.6 lo que nos indica que las sustancias no son alteradas por la aplicación de calor.

Esta información difiere de Espinoza A. (2013) quien reporta que existe la inhibición de  $\alpha$  – Glucosidasa en las hojas en estado de floración de *Oreocallis grandiflora*, sin embargo se menciona que se utilizaron además de las hojas, solventes como hexano, acetato de etilo y metanol, el proceso se lo realizó tres veces de manera consecutiva a una relación solvente/planta. Así mismo, demuestra que la inhibición de  $\alpha$ -glucosidasa de los extractos metanólico es de  $99.6 \pm 0.3\%$ , y en acetato de etilo  $77.2 \pm 3.1\%$  respectivamente.



**Figura 8** Inhibición de  $\alpha$ - Glucosidasa en jugo de nopal, considerandos dos tipos de tratamiento y dos tipos de envase

#### 4.4 Valor K Velocidad de deterioro

La velocidad de deterioro en jugo de nopal y jugo de xoconostle fue evaluado bajo el criterio de contenido de vitamina C, ya que éste factor es importante para determinar la vida de anaquel de jugos y zumos. Siendo los valores negativos aquellos que indican que se tiene una disminución en el contenido ácido ascórbico, como se puede observar en el Cuadro 8.

**Cuadro 8 Velocidad de deterioro en el contenido de Vitamina C en jugo de nopal, comparando los distintos tratamientos aplicados y tipos de envase.**

| Vitamina C  |         |
|-------------|---------|
| Tratamiento | Valor K |
| P.F         | 2.8085  |
| P.P         | -0.3407 |
| V.F         | -17.636 |
| V.P         | 4.4233  |

En el Cuadro No.8, podemos observar que se tienen el mayor valor de deterioro en el jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en material de vidrio indicando que se tuvo -17.636 en el contenido de ácido ascórbico, sin embargo también podemos observar que en el jugo de nopal sin tratamiento térmico y envasado en vidrio el contenido de vitamina C aumento 4.4233, lo cual nos indica que lo que acelera o disminuye la velocidad de deterioro del jugo es la interacción de los tratamientos aplicados (material de envase y aplicación de tratamiento térmico).

En el cuadro No.9 podemos observar que en el jugo de xoconostle el mayor valor de deterioro es para el jugo pasteurizado y envasado en plástico -4.4841 , sin embargo podemos observar que en el jugo de xoconostle en comparación con el jugo de nopal todos los tratamientos aplicados muestran una disminución en el contenido de vitamina C siendo el jugo de xoconostle pasteurizado y envasado en vidrio el que presento la menor perdida -3.0627, demostrando que la velocidad o valor del deterioro se debe a la interacción entre los tratamientos aplicados.

**Cuadro 9 Velocidad de deterioro en el contenido de Vitamina C en jugo de xoconostle, comparando los distintos tratamientos aplicados y tipos de envase.**

| Vitamina C  |         |
|-------------|---------|
| Tratamiento | Valor K |
| P.F         | -4.2759 |
| P.P         | -4.4841 |
| V.F         | -4.1863 |
| V.P         | -3.0627 |



## 5 CONCLUSIÓN

Mediante los resultados obtenidos en la presente investigación se establecen las siguientes conclusiones:

El jugo del fruto xoconostle posee un mayor contenido de vitamina C en comparación con el jugo nopal, y es menos perecedero debido a que su pH es menor a cuatro.

En cuanto a la aplicación de tratamientos térmicos se refiere, en el método de pasteurización rápida (temperatura de 72 ° C durante 15 segundos) se tuvo un efecto positivo ya que el pH en los jugos fue menor que en aquellos sin tratamiento, por lo que se prolongó la proliferación de microorganismos en ambos jugos evaluados. Sin embargo este tratamiento (pasteurización) presentó un nivel más bajo en su contenido de ácido ascórbico, lo cual establece que el calor es un factor que puede oxidar o destruir la vitamina C.

Conjuntamente en la evaluación de materiales de envasado se demostró que el vidrio tiene una mayor eficiencia en comparación con el plástico, ya que en el envase de vidrio se logró mantener las características físico-químicas de los jugos, hasta por 14 días, bajo condiciones de refrigeración.

En relación con la interacción de los tratamientos y materiales de envase evaluados tanto como para jugo de nopal como jugo de xoconostle, se concluye que en aquellos jugos sometidos a tratamiento térmico y envasados en material de vidrio se tuvo una menor proliferación de microorganismos, sin embargo el valor K demostró que la pérdida de vitamina C no se atribuye de forma independiente a la aplicación de tratamientos térmicos o bien al material de envase utilizado ya que la pérdida de esta propiedad se debe a la interacción que existe entre ambos factores (tratamiento térmico-envase).

El jugo de nopal y el jugo de xoconostle poseen una gran cantidad de cualidades, por lo que son una buena alternativa para darles un uso medicinal sin embargo en este proyecto y en base a los resultados obtenido se concluye que no existe la inhibición de  $\alpha$  – Glucosidasa en jugo de nopal y xoconostle, pero si existe la inhibición de  $\alpha$  – Amilasa en el jugo de nopal pasteurizado, demostrando que el calor actúa de manera diferente sobre las enzimas y características de los materiales evaluados.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alarcón. A. y román r.r. 2006. Anti-diabetic plants in Mexico and Central America. En: traditional medicines for modern times antidiabetic plants. Editado por Amala Soumyanath. Pag-180-188.

Almanza r. 1999. Usos tradicionales de xoconostle en la cocina guanajuatense.

Basturdo D. Utilidad del nopal para el control de la glucosa en la diabetes mellitus tipo 2. Pag 1-5

Carrasco e.2012. Comprobación del efecto hipoglucemiante del extracto del fruto de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en ratones (*Mus musculus*) con hiperglucemia inducida. pag 1-33.

Casiana r. , 2010. *Journal of Medicinal Plants Research* vol. 4(22), pp. 2326-2333.

CODEX STAN 247-2004 Normal general del Codex para zumos (jugos) y néctares de frutos.

Emily McClung.2013. Los orígenes prehispánicos de una tradición alimentaria en la cuenca de México. Pag 3-25.

Espinosa A.2013. Actividad antioxidante y antihiperglucemiante de la especie medicinal *Oreocallis grandiflora* (Lam.) R. Br., al sur del Ecuador. Pag 63-64-65.

Gimió E.2004. Compuesto polifenólicos. Vol 23 núm 6 pag.72-80

González S. 2005. Diabetes mellitus. *Revista cubana de medicina*.

Granado Sanchez Diodoro.1991. El nopal: historia, fisiología, genética e importancia. Ed. Trillas, México. Pag 80-100

La hipoglucemia. American diabetes association, U.S. Department of health and human services.

López L. 2014. Actividad antioxidante e inhibidora de  $\alpha$ - glucosidasa y  $\alpha$ -amilasa de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) N° 12 Vol. 6 (2), 2014. ISSN 2007 - 0705. Pag: 234 – 247 – 240.

Maki-díaz g. 2014. Características físicas y químicas de nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) para exportación y consumo nacional. Pag 31-49.

Méndez M.2008. Efecto de la ingestión del fruto de xoconostle (*Opuntia joconostle* web.) Sobre la glucosa y lípidos séricos. Pág. 1-8.

Mendoza D. 2016. Inhibición in vitro de las enzimas alfa-amilasa y lipasa pancreática por fracciones fenólicas de extractos etanólicos de hojas de Yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl). Pag. 36-39.

Miranda L.1995. Sinetica de degradación de la Vitamina C. pág. 1-10.

Morales I.2009.caracterizacion fotoquímica del fruto de xoconostle cuarés melo y el efecto de su consumo en ratas diabéticas. Pag 20-80.

Nadu T. 2014. In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from *Citrus hystrix* and *C. maxima* fruits. Pag 21-23.

Pérez. A. 2010 efecto de extractos vegetales obtenidos de 5 plantas antidiabéticas sobre lo niveles de glucosa e insulina en ratones.

Reynosa R. 2012. Extraccion e inhibidor de alfa amilasa de diferentes variedades de frijol y su efecto in vivo. Pag 31-43

Rúbia C. 2010. Glucose-lowering effect of xoconostle (*Opuntia joconostle* A. Web., Cactaceae) in diabetic rats. Pag 1-8.

Sáenz C.2006. Utilización agroalimentaria del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. Pág. 51-57.

Sosa M. 2002. Determinación del Efecto Inhibitorio de los Polifenoles presentes en la Fresa (*Fragaria vesca* L.) sobre la Enzima Alfa Amilasa. Vol.43.Pag. 49.

Uresti h. Nopal sabroso, benéfico y barato.

Valencia S.2010.Evaluacion del nopal verdura como alimento fucnional.pag 3-170.

Velasco E. 2010, INIFAP. Periódico la Jornada. Pág. 1-3.

<http://www.jornada.unam.mx/2010/03/01/sociedad/040n2soc>

Zárate hm, ramírez r (2007). Epidemiological surveillance system type 2 diabetes hospital. Ministry of health. Mexico.

## 7 ANEXOS

### 7.1 Determinación del PH en jugo de nopal y jugo de xoconostle bajo diferentes tratamientos y materiales de envase

#### 7.1.1 Anexo 1: Medias de la variable pH del nopal respecto al envase, a la pasteurización y al tiempo.

| Plástico     | 4.74 |  | Tiempo |      |
|--------------|------|--|--------|------|
| Vidrio       | 4.99 |  | 0      | 4.88 |
|              |      |  | 1      | 4.78 |
|              |      |  | 2      | 4.91 |
| Fresco       | 4.8  |  | 3      | 4.88 |
| Pasteurizado | 4.92 |  | 4      | 4.91 |
|              |      |  | 5      | 4.86 |
|              |      |  | 6      | 4.81 |

#### 7.1.2 Anexo 2: Medias de la variable pH del xoconostle respecto al envase, a la pasteurización y al tiempo.

| Plástico     | 3.71 |  | Tiempo |      |
|--------------|------|--|--------|------|
| Vidrio       | 3.69 |  | 0      | 3.78 |
|              |      |  | 1      | 3.78 |
|              |      |  | 2      | 3.65 |
| Fresco       | 3.73 |  | 3      | 3.65 |
| Pasteurizado | 3.66 |  | 4      | 3.65 |
|              |      |  | 5      | 3.68 |
|              |      |  | 6      | 3.70 |

### 7.2 Determinación de ácido ascórbico en jugo de nopal y jugo de xoconostle bajo diferentes tratamientos y materiales de envase.

#### 7.2.1 Anexo 3 Medias de la variable Vitamina C del nopal respecto al envase, a la pasteurización y al tiempo.

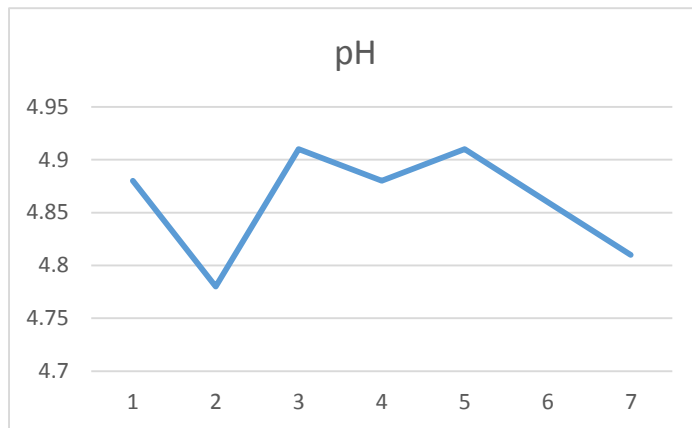
|              |        |  |        |        |
|--------------|--------|--|--------|--------|
| Plastico     | 260.98 |  | Tiempo |        |
| Vidrio       | 263.52 |  | 0      | 279.08 |
|              |        |  | 1      | 272.22 |
|              |        |  | 2      | 259.61 |
| Fresco       | 306.52 |  | 3      | 241.21 |
| Pasteurizado | 216.99 |  | 4      | 234.03 |
|              |        |  | 5      | 288.11 |
|              |        |  | 6      | 258.03 |

### 7.2.2 Anexo 4: Medias de la variable Vitamina C del xoconostle respecto al envase, a la pasteurización y al tiempo.

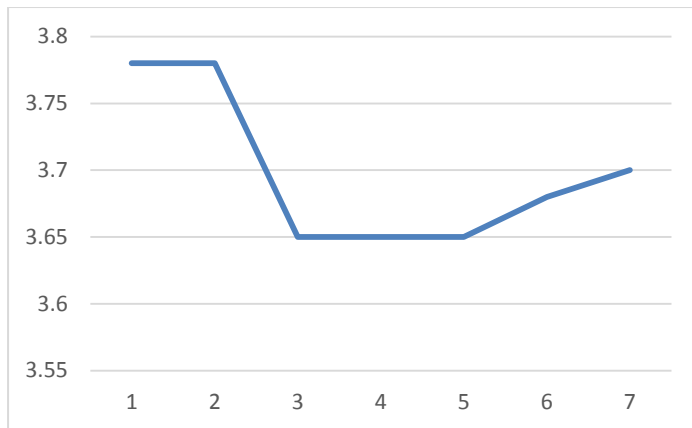
|              |       |  |        |       |
|--------------|-------|--|--------|-------|
| Plastico     | 59.11 |  | Tiempo |       |
| Vidrio       | 55.01 |  | 0      | 55.81 |
|              |       |  | 1      | 80.21 |
|              |       |  | 2      | 64.87 |
| Fresco       | 60.31 |  | 3      | 57.98 |
| Pasteurizado | 53.81 |  | 4      | 46.30 |
|              |       |  | 5      | 48.39 |
|              |       |  | 6      | 45.87 |

### 7.3 Comportamiento del PH en jugo de nopal y jugo de xoconostle con respecto al tiempo

#### 7.3.1 Anexo 5: Comportamiento del pH del nopal respecto al tiempo.

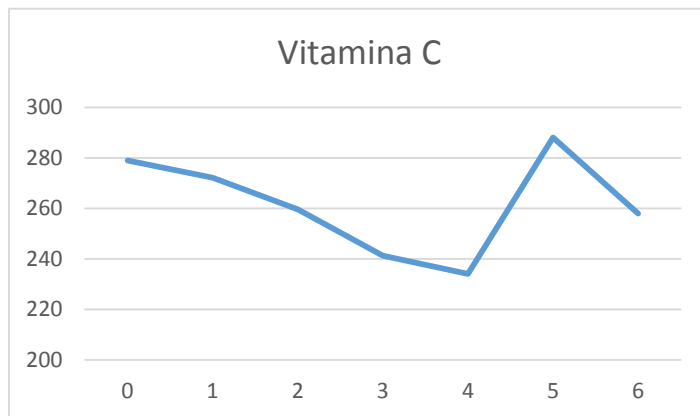


### 7.3.2 Anexo 6: Comportamiento del pH del xoconostle respecto al tiempo.



### 7.4 Comportamiento del ácido ascórbico en jugo de nopal y jugo de xoconostle con respecto al tiempo.

#### 7.4.1 Anexo 7 Comportamiento de la Vitamina C del jugo de xoconostle respecto al tiempo





7.4.2 Anexo 8 Comportamiento de la Vitamina C en el jugo nopal respecto al tiempo

