



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
METROPOLITANA

UNIDAD IZTAPALAPA

**Determinación del efecto hipoglucemiante del jugo  
fresco y pasteurizado obtenido de Xoconostles  
(*Opuntia joconostle* y *Stenocereus stellatus*)**

**TESINA**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**ESPECIALIZACIÓN EN BIOTECNOLOGÍA**

PRESENTA:

**L. B. E. SHINDU IRAIS GÓMEZ COVARRUBIAS**

SEPTIEMBRE, 2018

Asesores



DR. FERNANDO DÍAZ DE LEÓN SÁNCHEZ

Co. DIRECTOR INTERNO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA SALUD

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA IZTAPALAPA



DR. JOSÉ ALBERTO MENDOZA ESPINOZA

Co. DIRECTOR EXTERNO

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia por el apoyo brindado todo este tiempo para que pudiera realizar mi trabajo y cumplir una meta mas en mi vida.

A mis asesores por los conocimientos que me brindaron y el apoyo en el trabajo experimental que me permitieron un mejor desarrollo profesional.

Al grupo de trabajo del “Herbario de la UACM Casa Libertad” por el apoyo, ayuda y grata compañía durante el tiempo que desarrolle mi proyecto con ellos

Al Dr. Fernando Rivera Cabrera que me brindó su apoyo incondicional y me enseñó que las oportunidades se deben aprovechar y sacar lo mejor de cada reto que se presenta.

Y en especial a mi hija Paula Sabina que es el motor de mi vida y me impulsa a realizar mejor las cosas día a día.

## Índice

1. Introducción .....	1
2. Antecedentes.....	2
2.1 Diabetes mellitus.....	2
2.2 Xoconostle ácido (Opuntia joconostle).....	5
2.3 Tunillo (Stenocereus stellatus).....	6
2.4 Pasteurización.....	8
3. Justificación y planteamiento del problema .....	8
4. Hipótesis.....	9
5. Objetivos.....	9
5.1 Objetivo General .....	9
5.2 Objetivos específicos .....	9
6. Materiales y Métodos.....	10
6.1 Material biológico .....	10
6.2 Planteamiento general .....	10
6.3 Variables medidas.....	11
6.3.1 Preparación del Jugo de xoconostles ácidos y dulces.....	11
6.3.2 Pasteurización de los jugos de xoconostles ácidos y dulces .....	12
6.3.3 Determinación de pH de los jugos frescos y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> y <i>S. stellatus</i> . .....	12

6.3.4	Determinación de sólidos solubles totales (SST) de jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces. ....	13
6.3.5	Determinación de Acidez Titulable (AT) de jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces. ....	13
6.3.6	Determinación de compuestos fenólicos totales en jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces. ....	14
6.3.7	Determinación de flavonoides totales de jugos frescos y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> y <i>S. stellatus</i> . ....	14
6.3.8	Determinación de Betacianinas y Betaxantinas del jugo pasteurizado y no pasteurizado de xoconostle y tunillo. ....	15
6.3.9	Determinación de azúcares mediante HPLC de jugo no pasteurizado y pasteurizado de <i>O. joconostle</i> y <i>S. stellatus</i> . ....	16
6.3.10	Determinación de la actividad hipoglucemiante <i>in vivo</i> de jugo no pasteurizado y pasteurizado de <i>O. joconostle</i> y <i>S. stellatus</i> . ....	16
7.	Resultados obtenidos .....	18
7.1	Pesos promedios de frutos completos, pesos promedios de pulpa y volumen total de jugo obtenido de xoconostle ácido ( <i>O. joconostle</i> ). ....	18
7.2	pH de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> . ....	18
7.3	Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> . ....	19
7.4	Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizados y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> . ....	20
7.5	Flavonoides totales en jugos no pasteurizados y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> . ....	21

7.6 Concentración de betacianinas y betaxantinas en jugo no pasteurizado y pasteurizado de <i>O. joconostle</i> . .....	22
7.7 Concentracion de azucares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de <i>O. joconostle</i> . .....	23
7.8 Pesos de frutos completos, pesos promedios de pulpa y de volumen total de jugo obtenido de tunillo blanco ( <i>S. stellatus</i> ).....	24
7.9 pH de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo blanco. ....	24
7.10 Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco. ....	25
7.11 Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.....	27
7.12 Flavonoides totales en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.....	27
7.13 Concentraciones de betacianinas y betaxantinas en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco. ....	28
7.14 Azucares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco. ....	29
7.15 Pesos de frutos completos, pesos promedios de pulpa y de volumen total de jugo obtenido de tunillo rojo ( <i>S. stellatus</i> ). ....	30
7.16 pH de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.....	31
7.17 Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.....	31

7.18	Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.	
		32
7.19	Flavonoides totales en jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.....	33
7.20	concentración de betacianinas y betaxantinas de jugos no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.....	33
7.21	Azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.....	34
7.22	Prueba de tolerancia a la glucosa oral (PTGO) de los jugos frescos y pasteurizados de xoconostle ácido, tunillo blanco y tunillo rojo. ....	35
8	Resumen de resultados de los parámetros físicos y químicos determinados en jugos de Xoconostle y Tunillos (blanco y rojo). ....	39
9.	Conclusiones .....	40
10.	Bibliografía.....	42
	ANEXOS.....	47
	Anexo 1: Imágenes de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostles ( <i>Opuntia joconostle</i> y <i>Stenocereus stellatus</i> ). ....	48
	Anexo 2: Imágenes de los jugos no pasteurizados y pasteurizados liofilizados de xoconostles ( <i>Opuntia joconostle</i> y <i>Stenocereus stellatus</i> ). ....	48

## 1. Introducción

Los xoconostles son especies de cactácea que producen frutos ácidos y/o agri-dulces en los géneros *Opuntia* (plantas con cladodios planos), *Cylindropuntia* (plantas columnares) con una especie *Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth y en *Stenocereus* (cactáceas columnares de apariencia arbórea) con una sola especie *Stenocereus stellatus* (Pfeiff.) Ricco Bono (Bravo y Berger, 1978; De Luna-Valadez et al., 2016).

El xoconostle ácido se produce principalmente en la región del Altiplano Central de México, y es utilizado en la medicina tradicional para diversos tratamientos. Al fruto se le atribuyen diversos usos farmacológicos y culinarios, dentro de los primeros encontramos la actividad antiglicémica y antioxidante.

Las plantaciones comerciales de Tunillo se localizan en diferentes regiones del país de las cuales Oaxaca y Puebla son las más importantes por su producción (Pliego-Ortiz, 2009). Solo existen reportes por tradición oral en la región y en el mercado de Sonora, donde nuestro grupo de trabajo colectó los datos sobre su posible actividad hipoglucemiante (Aarland y col., 2015).

Es importante mencionar que en México la diabetes más frecuente es la tipo 2 la cual está asociada a una actividad limitada del páncreas, por cual el sistema de salud ha diseñado diferentes estrategias para tratar esta enfermedad desde dos puntos de vista; el preventivo y el farmacológico. En este tenor en México tenemos varios ejemplos de plantas empleadas para prevenir y controlar la diabetes que han sido registradas por datos etnobotánicas y algunas de las cuales han demostrado su acción en modelos biológicos (Aarlan y col., 2015, Aarlan y col., 2016). Entre ellas recientemente han llamado la atención las cactáceas derivadas del género

Opuntia cuyos frutos (tunas, xoconostles) han tenido un efecto prometedor (Aarlan y col., 2015).

En el presente trabajo se estudia el xoconostle ácido procedente del Noreste del Estado de México (*Opuntia joconostle* F.A.C Weber) conocido comúnmente como Xoconostle Cuaresmeño, de las Pirámides, Manzano o Colorado y el xoconostle dulce (*Stenocereus stellatus*) de la región de la Mixteca Baja (Puebla, Morelos, Oaxaca, Guerrero) conocido como Tunillo. Para el caso de esta última especie se determinará primero en un sistema modelo animal su capacidad hipoglucemiante.

El uso medicinal, se ha planteado que es por consumo del fruto o el jugo fresco, sin embargo, estos productos son perecederos y su vida de anaquel es corta. Lo anterior plantea la posibilidad de buscar alternativas en las cuales podemos dar al jugo de xoconostle valor agregado aprovechando su capacidad hipoglucemiante, para ello debemos de plantear la posibilidad de aumentar la vida de anaquel realizando la pasteurización del jugo sin que se pierdan sus propiedades funcionales.

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Diabetes mellitus**

La diabetes mellitus es conocida desde la antigüedad, algunos de los primeros registros de esta enfermedad se le atribuyen a Oroteo de Capadocia, sin embargo, por mucho tiempo no se hizo ninguna referencia a esta enfermedad. No fue sino hasta el siglo XI, donde Avicena en su famoso “Canon de la medicina” describe con mucha exactitud algunas de las manifestaciones clínicas de la enfermedad, pero fue hasta 1679 que Tomás Willis hace una descripción detallada de sintomatología clínica, y refiriéndose al sabor dulce de la orina le dio el nombre de “diabetes mellitus” (sabor a miel). Esta enfermedad en la cual hay altos niveles

de azúcar en la sangre; puede ser causada por muy poca producción de insulina, resistencia a esta o ambas.

El páncreas es el órgano que produce la insulina cuyo papel es transportar la glucosa del torrente sanguíneo hasta cada una de las células del organismo para su nutrición y el excedente se puede guardar en forma de glucógeno en los músculos, las células hepáticas o como la grasa en el tejido adiposo.

Las personas con diabetes presentan hiperglucemia, nivel alto de azúcar en sangre, esto se debe a que bien su páncreas está dañado, no produce suficiente insulina o que las células no responden de manera normal a la insulina.

Los síntomas que pueden presentar las personas con esta enfermedad son sed anormal y sequedad de boca, micción frecuente, falta de energía, cansancio extremo, hambre constante, pérdida repentina de peso, heridas de cicatrización lenta, infecciones recurrentes, así como visión borrosa (Federación Internacional de Diabetes, 2013).

México es uno de los países con mayor ocurrencia de diabetes mellitus en el mundo. La diabetes es actualmente la primera causa de mortalidad en México, y es asociado con la carga genética, la hipertensión arterial, la obesidad, la dieta rica en azúcares simples y la falta de ejercicio (Escobedo-de la Peña y col., 2011).

Actualmente la clínica reconoce dos tipos de diabetes basado en la funcionalidad del páncreas; Tipo 1, el páncreas está dañado por lo que no produce insulina. Tipo 2, el páncreas posee una funcionalidad limitada, produce insulina, pero no la suficiente. Se tienen en cuenta dos tipos de tratamiento:

1. **Preventivo.** En este enfoque se busca un manejo adecuado de la dieta debido a que la diabetes tipo 2 está asociada a determinados hábitos y costumbres, teniendo una correlación muy alta con el sobrepeso y obesidad.

2. **Farmacológico.** Al ser una enfermedad crónica el paciente tiene que aprender a vivir con ella y existen diversos fármacos que ayudan a su control según sea el comportamiento morfofisiológico de la enfermedad, entre ellos encontramos:

- **Metformina:** Antihiper glucemiante oral que reduce el síndrome de resistencia a insulina (síndrome metabólico); pertenece a la familia de las biguanidas. Es una molécula hidrofílica básica con difusión pasiva en la membrana celular. Se absorbe principalmente en el intestino delgado (Castro-Martínez y col., 2014).
- **Tiazolidinedionas (glitazonas):** Medicamento oral, existen 2 tipos: **Pioglitazona y Rosiglitazona.** Ambos ayudan a mantener el nivel adecuado de glucosa en sangre, facilita la acción de la insulina haciendo que los tejidos sean más sensibles a su acción y la glucosa pueda entrar a las células donde se necesita, disminuyen la glucosa fabricada en el hígado, sube el nivel de colesterol “bueno” en la sangre (HDL) favoreciendo que las arterias no se ocluyan y disminuyan la circulación en corazón, riñones cerebro, etc. (Cerde y col., 2010).
- **Píldoras liberadoras de insulina (secretagogos):** Los secretagogos de insulina aumentan la producción de insulina independientemente de los niveles de glucemia (sulfonilureas) y las meglitinidas que aumentan la secreción de insulina en respuesta al aumento de los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, ambos tienen la característica de producir hipoglucemia, aumento de peso y alteración grave de la función hepática. (Fundación Internacional de Diabetes, 2008).

- **Análogos de la amilina:** Estos incrementan la secreción de insulina, disminuyen la producción hepática de glucosa, retardan el vaciamiento gástrico, disminuyen el apetito (Abundis y col., 2014).

Aunque es amplio el espectro de fármacos que se pueden utilizar para su control, debido a los efectos secundarios de los mismos y a la complejidad de la enfermedad, aún es importante continuar con la búsqueda de nuevas sustancias que permiten ayudar a las personas con diabetes tipo 2.

La búsqueda de nuevas estructuras puede darse por dos estrategias principales, la primera basada en la búsqueda al azar y la segunda por estudios dirigidos basados en datos etnobotánicos (Schlaepfer y Mendoza-Espinoza, 2009).

## **2.2 Xoconostle ácido (*Opuntia joconostle*)**

El fruto del xoconostle presenta características morfológicas distintas a las de las tunas producidas por otras especies, como son: frutos ácidos o agridulces; cáscara gruesa (sus paredes interiores son anchas y comestibles, llegando a ocupar hasta  $\frac{3}{4}$  partes del fruto), frutos globosos, sub-globosos o cilíndricos, con cicatriz floral hundida, y de color verde-amarillo a rojo; su pulpa es escasa, ácida y rosada y ligeramente perfumada (Figura 1) (Paiz, 2007). Además, presentan propiedades que son ventajosas para el manejo comercial, ya que se conservan varios meses sobre los cladodios sin que sufran deterioro; una vez cosechados se conservan por varias semanas, en lugares frescos y secos sin refrigeración sin perder sus propiedades de sabor, color y humedad (Gallegos-Vázquez y col., 2009).

Los cladodios juveniles son utilizados como verdura en la alimentación humana y como remedio para muchas afecciones. Las plantas son utilizadas en prácticas agroforestales, asociadas con cultivos de especies agrícolas y/o forrajeras, también como cercos vivos

espinosos, barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y en general, como parte de prácticas de protección de suelos. Las flores son utilizadas en guisos especiales, así como sopas aguadas. Los frutos poseen gran valor nutritivo y medicinal superior al de otras frutas en varios de sus componentes.

Hoy en día se considera al pueblo otomí como el portador y guardián del conocimiento culinario y medicinal de este fruto (Scheinval y col., 2011).

*O. joconostle* es considerada en México como una especia o condimento, el pH del fruto es menor a 3.5; este pH es un factor protector, que impide el crecimiento de microorganismos perjudiciales, lo que constituye una ventaja para su conservación y su inocuidad (Saenz y col., 2006).



Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Caryophyllales  
Familia: Cactaceae  
Género: *Opuntia*  
Especie: *Opuntia joconostle*  
Fuente: México campo adentro, 2015

Figura 1. Frutos de xoconostle y su clasificación taxonómica

Fuente: fotografía tomada en la Central de Abasto “Cenaduría las Vías” Texcoco, Edo. Méx. por Shindu I.G. Covarrubias.

### 2.3 Tunillo (*Stenocereus stellatus*)

El tunillo o xoconostle dulce presente en Oaxaca y Puebla corresponde a la especie *S. stellatus*. La altura de las plantas varía de 2 a 4 m, sus tallos presentan de 8 a 12 “costillas” y mayor número de espinas que los pitayos de mayo. Se encontró que los frutos en 19 tipos de ésta especie alcanzan un peso de entre 65 y 150 g. La pulpa es variable en color, hay roja, amarilla, blanca o morados y de sabor agridulce (Luna y col., 2001).

La clasificación tradicional de las variantes se basa principalmente en el color, tamaño y sabor del fruto. El color está relacionado con la época de maduración, primero maduran los xoconostles rojos y amarillos, luego los blancos y por último los morados (Arias, S. y col. 2012).

Se ha reportado que los tunillos, se consideran como un alimento funcional que protege a los que las consumen de enfermedades crónicas. Debido a su contenido de fenoles totales y ácido ascórbico presenta una elevada capacidad antioxidante que permite reducir la propagación de radicales libres en el organismo (Beltrán y col., 2005).

La denominación mixteca para el xoconostle dulce de dicha región varía ligeramente entre las localidades; consta del término genérico tnu dichi o too dichi, que corresponde al cacto o palo capaz de producir leña (tutnu) y que produce frutos. Los frutos de *S. stellatus* se cultivan y se comercializan como ya se mencionó en la mixteca de Oaxaca y Valle de Tehuacán (Serrano-Martínez G. 2015), sin embargo, los estudios de desarrollo de productos en base de este fruto aún son escasos siendo la obtención de mermelada uno de los más importantes.



Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Magnoliopsida  
Orden: Caryophyllales  
Familia: Cactaceae  
Genero: *Stenocereus*  
Especie: *S. stellatus*  
Fuente: Helia Bravo 1978

Figura 2. Frutos de tunillo blanco y su clasificación taxonómica

Fuente: fotografía tomada en el laboratorio de Biología y Química de la UACM "Casa Libertad", Cd. Méx. por Shindu I.G. Covarrubias.

## 2.4 Pasteurización

Aunque en la actualidad los consumidores demandan productos frescos, es muy difícil alargar la vida útil sin sacrificar la imagen de frescura del alimento. Los métodos para prolongar la vida útil de los alimentos deben basarse en el conocimiento de los diferentes mecanismos implicados en el deterioro de estos; como en los jugos, las causas principales de deterioro son el desarrollo de microorganismos. Para la inactivación de los microorganismos pueden emplearse la **pasteurización**, esterilización, altas presiones hidrostáticas, irradiación (Carrillo y col., 2013).

Los microorganismos en frutos ácidos son predominantemente mohos y levaduras, bacterias acéticas y lácticas que son sensibles al calor. Los tratamientos térmicos de estos frutos o sus productos son realizados a temperaturas menores a los 100° C. En los alimentos ácidos, como los zumos, jugos o purés de frutas con pH menor o igual a 4.5, los microorganismos se controlan fácilmente con un tratamiento térmico de pasteurización suave (Osorio, 2008).

La pasteurización LTH (Low Temperature Holding, es un proceso empleado normalmente para el tratamiento de jugos de pH ácido por la industria de alimentos (Fernández-Sevilla, 2004).

## 3. Justificación y planteamiento del problema

El aumento de los casos de diabetes tipo 2 justifican el estudio de nuevas fuentes de origen vegetal como alternativa al tratamiento, siendo el jugo del xoconostle ácido una posible alternativa dado su efecto hipoglucemiante probado en un modelo *in vivo*, sin embargo, la corta vida de anaquel del jugo fresco no lo hace viable como una alternativa farmacológica, por lo cual es necesario explorar técnicas de conservación, siendo la pasteurización una alternativa que puede ser explorada.

Por otro lado los frutos del xoconostle dulce producido por *S. stellatus* presentan características de uso muy similares en la población a los frutos producidos por plantas del género *Opuntia*, sin embargo, no hay información bibliográfica de su efecto hipoglucemiante por lo tanto se planea de manera paralela hacer un estudio preliminar de esta actividad en los frutos producidos por *S. stellatus*, que en caso de ser positiva se evaluará al igual que en el xoconostle de *Opuntia* el efecto de la pasteurización

#### **4. Hipótesis**

El jugo pasteurizado de xoconostle ácido mantendrá el efecto hipoglucemiante después del proceso de pasteurización y el jugo de xoconostle dulce tendrá un efecto similar.

#### **5. Objetivos**

##### **5.1 Objetivo General**

Estudiar el efecto hipoglucemiante y la conservación del jugo fresco y pasteurizado de xoconostles *O. joconostle* y *S. stellatus*.

##### **5.2 Objetivos específicos**

1. Evaluar el rendimiento de jugo de los xoconostles ácidos y dulces.
2. Llevar a cabo la caracterización química del jugo de los xoconostles y la determinación del tiempo de conservación del jugo antes y después de la pasteurización.
3. Evaluar el efecto hipoglucemiante del jugo fresco y pasteurizado de los xoconostles.

## **6. Materiales y Métodos**

### **6.1 Material biológico**

Se utilizaron 48 frutos de xoconostle ácido (*O. joconostle*) que se obtuvieron en el mercado “Central de Abastos Las vías en Texcoco”, fueron cosechados el 1° de Septiembre del 2017 en La Resurrección Texcoco, Estado de México.

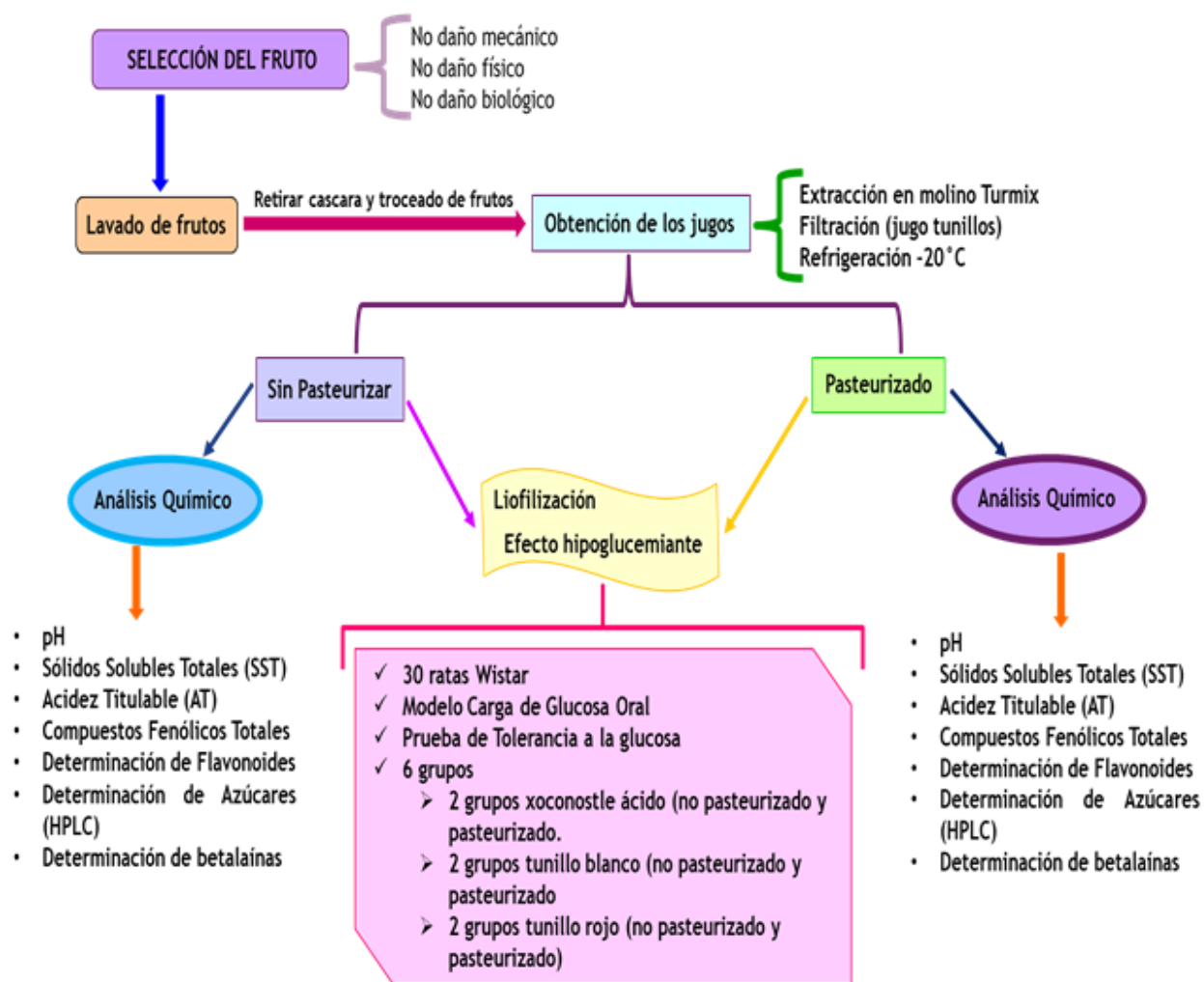
Se utilizaron 39 frutos de xoconostle dulce de color blanco y 33 frutos de color rojo (*S. stellatus*), que fueron adquiridos el 14 de septiembre de 2017 en San Juan Joluxtla, Municipio de Cosoltepec en el estado de Oaxaca.

### **6.2 Planteamiento general**

Se midieron parámetros químicos de los jugos frescos y pasteurizados de xoconostle ácido y tunillo blanco y rojo, así como la capacidad hipoglucemiante en un modelo *in vivo* con ratas de la cepa Wistar.

En la Figura 3 se describe el procedimiento experimental del proyecto donde observamos cómo se realizó la selección de los frutos, la obtención del jugo de xoconostle ácido y dulce, el análisis químico realizado al jugo no pasteurizado y pasteurizado así como el efecto hipoglucemiante de ambos jugos de los frutos estudiados por medio de la PTGO en ratas macho sanas de la cepa Wistar.

**Figura 3. Diagrama del procedimiento experimental del proyecto.**



### 6.3 Variables medidas

#### 6.3.1 Preparación del Jugo de xoconostles ácidos y dulces.

Los frutos seleccionados se pesaron (para el cálculo del rendimiento, el cual se reporta en base fresca) se lavaron y desinfectaron con agua clorada, se pelaron manualmente con cuchillo, se trozaron en porciones pequeñas para tritarlos en el extractor Túrmix, el cual separó el bagazo del jugo (Hernández, 2015).

El jugo total obtenido de xoconostle ácido y dulce se dividió en dos lotes, uno de ellos se liofilizó directamente y el otro se sometió a pasteurización (ver punto 6.3.2) antes de liofilizar. Las muestras liofilizadas se mantendrán a -20°C para su posterior uso.

\*\*Para realizar las determinaciones químicas de los jugos frescos y pasteurizados se tomarán y guardarán alícuotas que se mantendrán en refrigeración a -20° C hasta su uso.

### **6.3.2 Pasteurización de los jugos de xoconostles ácidos y dulces**

Para la pasteurización se empleó el proceso LTH (Low Temperature Holding, proceso empleado normalmente para jugos de pH ácido por la industria de alimentos), para lo cual uno de los lotes de los jugos obtenidos de los tres tipos de xoconostles se colocaron en un baño María a una temperatura de entre 67° C a 70° C, se dejó por 30 minutos, posteriormente se sometieron las muestras pasteurizadas en hielo durante 15 minutos (Fernández-Sevilla, 2004). A los jugos pasteurizados se les tomo una alícuota la cual se guardó en congelación a -20° C para después realizar las determinaciones químicas.

El resto de los jugos pasteurizados se guardó en congelación para realizar posteriormente su liofilización.

### **6.3.3 Determinación de pH de los jugos frescos y pasteurizados de *O. joconostle* y *S. stellatus*.**

El pH es una medida de la acidez o basicidad de una solución. El pH es la concentración de iones o cationes hidrógeno [H+] libres presentes en una determinada sustancia. La sigla significa “potencial de hidrógeno”.

Se realizaron diluciones 1:10 de cada uno de los jugos, se tomaron alícuotas de 10 mL de estas diluciones a las cuales se les midió el pH con el potenciómetro OAKTON pH700.

#### **6.3.4 Determinación de sólidos solubles totales (SST) de jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces.**

Los SST miden, como su nombre lo indica, los compuestos solubles presentes en los jugos de las células de una fruta, los cuales están dados principalmente por los azúcares, ácidos orgánicos y minerales.

A las muestras de jugos frescos y pasteurizados se les midió el contenido de SST con un refractómetro manual (Pocket Refractometer Pal-1, Atago, Tokio, Tech award) previamente calibrado con agua destilada y se expresó en % de SST.

#### **6.3.5 Determinación de Acidez Titulable (AT) de jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces.**

La acidez titulable mide los ácidos orgánicos libres presentes en el jugo de las frutas, se reporta en % del ácido dominante o mayoritario y se cuantifica por una titulación ácido-base.

Para determinar AT se tomaron alícuotas de 10 mL tanto de los jugos frescos como de los pasteurizados, se realizaron diluciones 1:10 con agua destilada, se tomó una alícuota de 10 mL por triplicado de las diluciones en un matraz Erlenmeyer y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con NaOH 0.1N hasta obtener un color rosa.

La AT se expresó en porcentaje de ácido málico mediante la ecuación:

$$AT (\% \text{ Ac. Málico}) = (V_{\text{NaOH}} \text{ mL}) (N_{\text{NaOH}} \text{ meq/mL}) (\text{g/meq de } \text{ác. málico}) (100) / \text{g de jugo.}$$

Donde:

N = normalidad de NaOH

V = volumen gastado de NaOH

meq. = miliequivalentes del ácido málico.

### **6.3.6 Determinación de compuestos fenólicos totales en jugos frescos y pasteurizados de xoconostles ácidos y dulces.**

El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó usando el reactivo de Folin–Ciocalteu mediante la técnica descrita por Singlenton y Rossi (1965) y adaptada por nuestro grupo de investigación (Aarlan y col., 2016).

Se utilizó una alícuota de 200  $\mu$ L de los extractos de jugo de xoconostle diluidos en agua destilada. Esta dilución se mezcló con 1 mL del reactivo de Folin–Ciocalteu (1:10 v/v con agua destilada) y se incubó durante 1 min a temperatura ambiente después se le adicionó 0.8 mL de carbonato de sodio (7.5 % p/v). La mezcla de reacción se incubó durante 1 hr a temperatura ambiente y posteriormente se determinó la absorbancia a 765 nm. El contenido total de compuestos fenólicos se reportó como equivalentes de ácido gálico (EAG) en 1 mL de extracto de xoconostle.

### **6.3.7 Determinación de flavonoides totales de jugos frescos y pasteurizados de *O. joconostle* y *S. stellatus*.**

Se utilizó el método colorimétrico de cloruro de aluminio (Chang y col., 2002, Aarland y col., 2016). Se tomó una alícuota de 0.5 mL de los jugos de xoconostle y se mezclaron con 1.5 mL de metanol, 0.1 mL de cloruro de aluminio al 10% (p/v), 0.1 mL de acetato de potasio 1M y 2.8 mL de agua destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos y se determinó la absorbancia a 415 nm. Se preparó una curva de calibración de quercetina de 10-

100 µg/mL en metanol. Los resultados se reportaron en µg de quercetina por mL del jugo de xoconostle.

### **6.3.8 Determinación de Betacianinas y Betaxantinas del jugo pasteurizado y no pasteurizado de xoconostle y tunillo.**

Se tomó una alícuota de 0.1g del jugo de cada una de las muestras (jugo liofilizado de xoconostle y tunillo, pasteurizado y no pasteurizado); las alícuotas se re-suspendieron en agua destilada y se tomó 1 mL por triplicado de cada uno para realizar el análisis en el espectrofotómetro para betacianinas y betaxantinas.

Se calibró el espectrofotómetro con agua destilada y la absorbancia se determinó a 540 nm para determinar betacianinas y para las betaxantinas en 480 nm (García y col., 2012)

Para realizar los cálculos de concentración se utilizó la expresión:

$$B \text{ (mg/g}^{-1}\text{)} = (A \times FD \times PM \times V) / (\epsilon \times P \times L)$$

Donde:

B = betacianinas o betaxantinas

A = absorbancia (540nm para betacianinas y 480nm para betaxantinas)

FD = factor de dilución

PM = peso molecular (Betanina= 550g/mol e Indicaxantina= 308g/mol)

V = volumen del extracto

$\epsilon$  = coeficiente de extinción molar (Betanina= 60000 L/mol.cm, e Indicaxantina= 48000 L/mol.cm)

L = longitud de la celda (1 cm).

### **6.3.9 Determinación de azúcares mediante HPLC de jugo no pasteurizado y pasteurizado de *O. joconostle* y *S. stellatus*.**

Se determinaron los azúcares en los extractos de xoconostle y tunillo mediante HPLC (equipo mencionado anteriormente). Antes de las determinaciones, cada extracto de xoconostle fue filtrado (filtro de nylon con un tamaño de poro de 0.45  $\mu\text{m}$  Millex, Millipore, Bedford, USA). 20  $\mu\text{L}$  de los jugos filtrados se inyectaron al equipo. Se realizaron los análisis con una columna Agilent Hi-Plex Ca (8% crosslinked, 7.7  $\times$  300 mm, 8  $\mu\text{m}$ ) y la fase móvil consistió en agua MilliQ de manera isocrática. El flujo fue de 0.6 mL  $\text{min}^{-1}$  y la temperatura de la columna se fijó en 70°C. Los resultados se expresaron como ppm de azúcar por gramo de peso seco de los extractos de xoconostles (Aarlan y col., 2015; 2016).

### **6.3.10 Determinación de la actividad hipoglucemiante *in vivo* de jugo no pasteurizado y pasteurizado de *O. joconostle* y *S. stellatus*.**

Para la determinación de la actividad hipoglucemiante de los extractos de xoconostle y tunillo (*O. joconostle* y *S. stellatus* respectivamente), se trabajó con 30 ratas macho de la cepa Wistar de 21 días de edad y un peso entre 145 y 180  $\text{gr}^{-1}$ . Todos los animales fueron entregados por el bioterio de la UAM-Iztapalapa y se manejaron de acuerdo a los estatutos del Comité Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Laboratorio, basado en la Norma Oficial Mexicana [NOM-062-ZOO-1999] (NOM, 1999).

Se utilizó el modelo de carga de glucosa oral, donde se indujo de manera fisiológica la diabetes mellitus (Torres, 2013). Para la realización de nuestra curva de la prueba de tolerancia a la

glucosa (PTGO), a la rata se le administro una carga de glucosa de 2 gr<sup>1</sup>/Kg por vía oral y se realizó la cuantificación de glucosa en tiempo cero (antes y después de la administración de la glucosa) y a los 30, 60 y 90 minutos, se utilizó un glucómetro para registrar las mediciones (Urzúa, 2011).

Las ratas se dividieron en grupos para probar los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostles. Los grupos quedaron de la siguiente manera:

- ✓ El grupo control al que sólo se le administró la glucosa,
- ✓ 2 grupos a uno se le administró jugo de xoconostle ácido no pasteurizado y al otro jugo pasteurizado y a ambos la carga de glucosa
- ✓ 2 grupos a uno se le administró jugo de tunillo blanco no pasteurizado y al otro jugo pasteurizado y a ambos la carga de glucosa,
- ✓ 2 grupos a uno se le administró jugo de tunillo rojo no pasteurizado y al otro jugo pasteurizado y a ambos la carga de glucosa.

La dosis administrada a las ratas fue de 100 mg/Kg de peso de liofilizado de los jugos no pasteurizados o pasteurizados; los cuales se administraron con micropipeta. Se realizó la toma de muestra de glucosa en sangre cada 15 minutos, recolectando una gota (0.1 µL) de la cola de la rata directamente en una tira reactiva insertada en el glucómetro digital.

Durante todo el estudio, los animales fueron alimentados *ad libitum*. El análisis de los datos se realizó mediante una comparación de medias de los grupos sin tratamiento y los grupos tratados con los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostle (*O. joconostle*), Tunillo Blanco y Rojo (*S. stellatus*) (Aarland y col., 2016).

## 7. Resultados obtenidos

### 7.1 Pesos promedios de frutos completos, pesos promedios de pulpa y volumen total de jugo obtenido de xoconostle ácido (*O. joconostle*).

El peso de frutos completos, cantidad de pulpa y volumen de jugo obtenido de xoconostle ácido se puede ver en la (tabla 1).

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el peso de los frutos completos en los tres grupos analizados. El grupo C presentó el mayor peso y tamaño de frutos, seguido por el grupo B y finalmente el grupo A, el peso promedio obtenido en los frutos de *O. joconostle* fue de  $96 \text{ gr}^{-1} \pm 18.73$ . Se observó el mismo comportamiento en el peso promedio de la pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ ) y el volumen ( $\text{mL}^{-1}$ ) en los grupos de frutos estudiados, es decir el grupo C presentó el mayor porcentaje de pulpa 87.36%, seguido por el grupo B y finalmente el grupo A que presentaron 85.12 % y 84.79% respectivamente. De igual manera se observó un mayor volumen de jugo obtenido en los frutos del grupo C, seguido por el Grupo B y finalmente el grupo A.

Tabla 1.- Pesos promedios de frutos completos, de pulpa y volumen total de jugo obtenido de xoconostle ácido.

	Fruto completo ( $\text{gr}^{-1}$ )	Pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ )	Volumen ( $\text{mL}^{-1}$ )
Grupo A	$77.53 \pm 2.31$	$65.74 \pm 3.71$	<b>135</b>
Grupo B	$98.25 \pm 2.56$	$83.64 \pm 2.44$	<b>175</b>
Grupo C	$114.92 \pm 12.24$	$100.4 \pm 10.56$	<b>224</b>
Promedio	$96.9 \pm 18.73$	$83.26 \pm 17.33$	$178 \pm 44.58$

Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.

### 7.2 pH de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.

En la tabla 2 se muestra el pH promedio de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de cada uno de los grupos de frutos de xoconostle ácido estudiados, donde no se observan diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ); el pH promedio obtenido en los jugos no pasteurizado de

los grupos A, B y C fue de  $3.01 \pm 0.02$ ; se observa una misma tendencia en el jugo pasteurizado de los tres grupos donde el pH promedio fue  $3.09 \pm 0.0265$ .

Aún después del proceso calórico (pasteurización) se mantiene el pH ácido en los jugos de xoconostle estudiados.

**Tabla 2.- pH de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.**

	Jugo pasteurizado	Jugo no pasteurizado
Grupo A	2.99	3.06
Grupo B	3.03	3.11
Grupo C	3.00	3.10
Promedio	$3.01 \pm 0.02$	$3.09 \pm 0.02$
Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.		

### **7.3 Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.**

Los sólidos solubles totales (SST) expresados en °Brix en los jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle* no muestran diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ); donde el promedio de los jugos no pasteurizados fue  $4.19 \pm 0.463$  y en los jugos pasteurizados fue de  $4.26 \pm 0.505$ .

La acidez titulable (AT) expresada en % de ácido málico en los jugos de los frutos de *O. joconostle* no pasteurizados y pasteurizados tampoco muestran diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) presentando los jugos A, B y C no pasteurizados un promedio de  $0.18 \pm 0.01$  y para los jugos pasteurizados el promedio fue  $0.167 \pm 0.016$ .

En el cociente calculado de SST/AT los resultados que se obtuvieron no muestran una diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los jugos no pasteurizados y pasteurizados de los grupos estudiados, donde los promedios fueron  $23.01 \pm 1.95$  y  $25.55 \pm 2.53$  respectivamente. Estos resultados nos indican que el jugo de xoconostle ácido no se ve afectado de manera significativa el sabor al ser sometido a un proceso calórico (pasteurización) y que estas características del jugo fresco se pueden conservar sin alteraciones después de su pasteurización (tabla 3).

**Tabla 3.- Muestra los promedios de los SST (°Brix), Acidez Titulable (% ác. Málico) y el cociente de SST/AT del jugo obtenido de cada uno de los grupos analizados.**

	No Pasteurizado			Pasteurizado		
	SST	AT	SST/AT	SST	AT	SST/AT
Grupo A	4.7±0.0	0.19 ± 0.02	23.97	4.8 ± 0.11	0.183 ± 0.01	26.22
Grupo B	4.06±0.052	0.19 ± 3.73E-9	24.31	4.18 ± 0.11	0.151 ± 0.00	27.68
Grupo C	3.8±0.0	0.18 ± 0.00	20.16	3.8 ± 0.06	0.167 ± 0.00	22.75
Promedio	4.19±0.46	0.18 ± 0.01	23.01± 1.95	4.26 ± 0.50	0.167 ± 0.01	25.55 ± 2.53

Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.

#### **7.4 Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.**

En la tabla 4 se muestran los valores obtenidos de mg equivalentes de ácido gálico en 1 mL de extracto de jugo de los grupos de los frutos de xoconostle ácido (A, B y C), donde la tendencia entre grupos tiene una variabilidad no significativa ( $P \geq 0.05$ ).

El grupo A de los jugos no pasteurizados presento mayor cantidad con un valor de  $9.95 \pm 0.03$  mg/mL<sup>-1</sup> y el grupo C el que presenta menor cantidad con un valor de  $8.32 \pm 0.09$  mg/mL<sup>-1</sup>, siendo el promedio de los jugos no pasteurizados de  $9.14 \pm 0.81$  mg/mL<sup>-1</sup> de los grupos

estudiados. En los jugos pasteurizados se observó que el grupo B presenta la mayor cantidad con un valor de  $10.478 \pm 0.056 \text{ mg/mL}^{-1}$  y el grupo C aun es el que presenta menor cantidad con un valor de  $9.058 \pm 0.108 \text{ mg/mL}^{-1}$ ; el promedio de los jugos pasteurizados fue  $9.842 \pm 0.721 \text{ mg/mL}^{-1}$ .

**Tabla 4.- Muestra los mg de ácido gálico equivalentes en 1 mL de extracto de jugos no pasteurizados y pasteurizados de cada uno de los grupos estudiados.**

	No pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )	Pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )
Grupo A	$9.95 \pm 0.03$	$9.98 \pm 0.09$
Grupo B	$9.15 \pm 0.03$	$10.47 \pm 0.05$
Grupo C	$8.32 \pm 0.09$	$9.05 \pm 0.10$
Promedio	$9.14 \pm 0.81$	$9.84 \pm 0.72$
Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.		

### **7.5 Flavonoides totales en jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.**

En la tabla 5 se muestran los valores en mg de quercetina equivalentes en  $1 \text{ mL}^{-1}$  de jugo, se puede observar que existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre los jugos no pasteurizados y pasteurizados de los grupos de frutos de xoconostle ácido estudiados (A, B y C). El promedio de los jugos no pasteurizados fue de  $0.169 \pm 0.021 \text{ mg/mL}^{-1}$ ; mientras que el promedio de los jugos pasteurizados fue de  $0.153 \pm 0.004 \text{ mg/mL}^{-1}$ . En el grupo A de ambos jugos (pasteurizado y no pasteurizado) es donde se observó un cambio notable seguido del grupo C.

**Tabla 5.- Muestra los mg de quercetina equivalentes en 1 mL de extracto de jugos no pasteurizados y pasteurizados de cada uno de los grupos estudiados.**

	No Pasteurizados (mg/mL <sup>-1</sup> )	Pasteurizados (mg/mL <sup>-1</sup> )
Grupo A	0.192 ± 0.0065	0.149 ± 0.0011
Grupo B	0.152 ± 0.00057	0.153 ± 0.0015
Grupo C	0.164 ± 0.0034	0.156 ± 0.0017
Promedio	0.169 ± 0.021	0.153 ± 0.004

Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.

### **7.6 Concentración de betacianinas y betaxantinas en jugo no pasteurizado y pasteurizado de *O. joconostle*.**

El contenido de betacianinas fue mayor que el de betaxantinas, por ello los frutos tienen tendencia a ser rojos, se detectó diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y el pasteurizado. Para el caso de las betaxantinas también se observó una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ), en la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos.

La degradación de las betalaínas posee una relación directamente proporcional con respecto al aumento de la temperatura.

Debido al tratamiento térmico (pasteurización) que se aplicó a los jugos de xoconostle ácido se observó un ligero aumento en la coloración de estos ya que las betalaínas se desnaturalizaron con el aumento de la temperatura y se presentaron compuestos oscurecidos.

**Tabla 6.- Concentración de betacianinas y betaxantinas en el jugo liofilizado no pasteurizado y pasteurizado de xoconostle ácido.**

	Betacianinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )		Betaxantinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )	
	no pasteurizado	pasteurizado	no pasteurizado	pasteurizado
Grupo A	0.70	0.11	0.006	0.095
Grupo B	0.06	0.11	0.005	0.097
Grupo C	0.07	0.11	0.005	0.096
Promedio	$0.070 \pm 3.47\text{E}^{-4}$	$0.112 \pm 7.44\text{E}^{-4}$	$0.005 \pm 4.54\text{E}^{-5}$	$0.096 \pm 9.08\text{E}^{-4}$

Se utilizaron en total 9 frutos escogidos al azar y se formaron 3 grupos (A, B y C) con tres frutos cada uno.

### **7.7 Concentración de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de *O. joconostle*.**

Se puede ver que el tratamiento de pasteurización, afectó el contenido de los azúcares en el jugo de los frutos de xoconostle ácido.

La concentración de sacarosa en el jugo pasteurizado aumentó en un 78% respecto a la concentración de sacarosa en el jugo no pasteurizado. Respecto a las concentraciones de la glucosa y la fructosa en jugos pasteurizados fue menor, respecto a los jugos no pasteurizados siendo las disminuciones del 24.01% y 21.74% respectivamente.

**Tabla 7.- Concentraciones de sacarosa, glucosa y fructosa (ppm) en el jugo no pasteurizado y pasteurizado de xoconostle ácido.**

	No pasteurizado (ppm)	Pasteurizado (ppm)
Sacarosa	481.76	857.64
Glucosa	7753.47	5891.56
Fructosa	2320.02	1555.03
Promedio	$3518.42 \pm 3781.07$	$2768.08 \pm 2727.39$

## 7.8 Pesos de frutos completos, pesos promedios de pulpa y de volumen total de jugo obtenido de tunillo blanco (*S. stellatus*)

En la tabla 8 Se muestra el peso en frutos completos, cantidad de pulpa y volumen de jugo de tunillo blanco. Se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) en el peso de los frutos completos en los cinco grupos analizados.

El grupo A presentó el mayor peso y tamaño de frutos, seguido por el grupo C, el grupo D, el grupo B y finalmente el grupo E, el peso promedio obtenido en los frutos de *S. stellatus* fue de  $106 \text{ gr}^{-1} \pm 10.40$ . El comportamiento observado en el peso promedio de la pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ ) y el volumen ( $\text{mL}^{-1}$ ) en los grupos de frutos estudiados fue diferente, es decir el grupo B presentó el mayor porcentaje de pulpa 76.89%, seguido por el grupo D, A, E y C que presentaron 76.73%, 76.23%, 73.98% y 74.73% respectivamente. De igual manera se observó un mayor volumen de jugo obtenido de los frutos del grupo D, seguido por el Grupo C, B, A y E.

**Tabla 8.- Pesos promedios de frutos completos, pesos promedios de pulpa y de volumen total de jugo obtenido de tunillo blanco.**

	Fruto completo ( $\text{gr}^{-1}$ )	Pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ )	Volumen ( $\text{mL}^{-1}$ )
Grupo A	$121.56 \pm 22.59$	$92.67 \pm 18.93$	<b>430</b>
Grupo B	$100.56 \pm 10.67$	$77.33 \pm 7.87$	<b>605</b>
Grupo C	$108.89 \pm 18.3$	$80.56 \pm 15.91$	<b>625</b>
Grupo D	$105.56 \pm 24.91$	$81 \pm 20.82$	<b>650</b>
Grupo E	$93.67 \pm 44.30$	$70 \pm 38.27$	<b>340</b>
Promedio	$106 \pm 10.40$	$80 \pm 8.19$	$530 \pm 137.07$

Se obtuvieron frutos de Tunillo Blanco que se dividieron al azar en 5 grupos (A, B, C, D y E) donde cada grupo contenía 9 frutos

## 7.9 pH de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo blanco.

Los jugos de tunillo blanco no pasteurizados y pasteurizados presentaron un pH ácido donde no se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ); en los jugos no pasteurizados de los frutos los del grupo C presentaron mayor acidez con un pH de 3.92 y el grupo E con menor

acidez con pH de 4.25; siendo el promedio de los jugos no pasteurizados de  $4.022 \pm 0.133$ . Para los jugos pasteurizados se observó una tendencia similar donde el grupo C presento la mayor acidez con un pH de 4.04 y el grupo E con menor acidez con un pH de 4.55, siendo el promedio del pH de los jugos pasteurizados de  $4.22 \pm 0.229$ .

Estos datos nos indican que el pH de los jugos de tunillo blanco no se altera de manera significativa después del proceso de pasteurización (tabla 9).

**Tabla 9.- Muestra los promedios del pH de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.**

	No pasteurizado	Pasteurizado
Grupo A	4.01	4.09
Grupo B	3.94	4.37
Grupo C	3.92	4.04
Grupo D	3.99	4.05
Grupo E	4.25	4.55
Promedio	$4.022 \pm 0.133$	$4.22 \pm 0.229$

Se obtuvieron frutos de Tunillo Blanco que se dividieron al azar en 5 grupos (A, B, C, D y E) donde cada grupo contenía 9 frutos

### **7.10 Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.**

Los sólidos solubles totales (SST) expresados en °Brix en jugos no pasteurizados y pasteurizados de *S. stellatus* no muestran diferencia significativa entre los grupos estudiados ( $P \geq 0.05$ ); el promedio de los jugos no pasteurizados fue  $9.64 \pm 1.43$ ; esta tendencia prevalece en los jugos pasteurizados de los grupos estudiados observándose un promedio de  $10.89 \pm 0.225$ . En estos frutos estudiados los del grupo A no pasteurizados y pasteurizados son los que presentan mayor valor el cual fue de  $12.18 \pm 0.08$  y  $14.91 \pm 0.02$  respectivamente.

La acidez titulable expresada en % de ácido málico para los jugos no pasteurizados y pasteurizados de los frutos de tunillo blanco tuvieron una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) presentando los jugos A, B C D y E no pasteurizados un promedio de  $0.05 \pm 0.01$ . Los jugos pasteurizados presentaron diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre los grupos de frutos estudiados donde el promedio fue  $0.08 \pm 0.00$ . Estos datos muestran que el proceso de pasteurización altera de manera significativa la AT del jugo de tunillo blanco.

En el cociente calculado de SST/AT la tendencia que mostraron los resultados que se obtuvieron fue que no existe una diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre los jugos no pasteurizados y pasteurizados de los frutos estudiados, donde los promedios fueron  $182.98 \pm 36.73$  y  $134.69 \pm 23.39$  respectivamente. Estos resultados nos indican que el sabor del jugo de tunillo blanco no se ve afectado de manera significativa al ser sometido al proceso de pasteurización (tabla 10).

**Tabla 10.- Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.**

	No pasteurizado			Pasteurizado		
	SST (°Brix)	AT	SST/AT	SST (°Brix)	AT	SST/AT
Grupo A	$12.18 \pm 0.08$	$0.078 \pm 0.014$	156.15	$14.91 \pm 0.02$	$0.09 \pm 0.07$	171.38
Grupo B	$9.13 \pm 0.08$	$0.053 \pm 8.50E^{-18}$	170.33	$9.77 \pm 0.08$	$0.07 \pm 3.69E^{-02}$	128.55
Grupo C	$9.15 \pm 0.08$	$0.06 \pm 0.00$	146.16	$9.92 \pm 0.04$	$0.09 \pm 0.05$	113.76
Grupo D	$8.83 \pm 0.08$	$0.03 \pm 0.01$	232.36	$9.95 \pm 0.01$	$0.08 \pm 0.02$	117.19
Grupo E	$8.92 \pm 0.04$	$0.04 \pm 0.01$	209.88	$9.75 \pm 0.37$	$0.07 \pm 0.02$	142.56
Promedio	$9.64 \pm 1.43$	$0.05 \pm 0.02$	$182.98 \pm 36.73$	$10.89 \pm 2.25$	$0.08 \pm 0.00$	$134.69 \pm 23.39$

Se obtuvieron frutos de Tunillo Blanco que se dividieron al azar en 5 grupos (A, B, C, D y E) donde cada grupo contenía 9 frutos

### 7.11 Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.

El contenido de fenólicos totales no se modifica significativamente ( $P \geq 0.05$ ) en el jugo de tunillos blancos por efecto de la pasteurización (tabla 11).

El grupo A de los jugos no pasteurizados presento mayor cantidad con un valor de  $1.68 \pm 0.02$  mg/mL<sup>-1</sup> y el grupo E el que presenta menor cantidad con un valor de  $0.63 \pm 0.03$  mg/mL<sup>-1</sup>, siendo el promedio de los jugos no pasteurizados de  $1.18 \pm 0.46$  mg/mL<sup>-1</sup> de los grupos estudiados. En los jugos pasteurizados se observó que el grupo A siguió presentando la mayor cantidad con un valor de  $1.85 \pm 0.10$  mg/mL<sup>-1</sup> y los grupos B y E son los que presentaron menor cantidad con un valor de  $0.83 \pm 0.04$  mg/mL<sup>-1</sup> para ambos; el promedio de los jugos no pasteurizados fue  $1.34 \pm 0.45$  mg/mL<sup>-1</sup>.

Tabla 11.- Muestra los mg de ácido gálico equivalentes en 1 mL de extracto de jugos no pasteurizados y pasteurizados de cada uno de los grupos de tunillo blanco estudiados.

	No pasteurizados (mg/mL <sup>-1</sup> )	Pasteurizados (mg/mL <sup>-1</sup> )
Grupo A	$1.68 \pm 0.02$	$1.85 \pm 0.10$
Grupo B	$0.65 \pm 0.02$	$0.83 \pm 0.55$
Grupo C	$1.37 \pm 0.01$	$1.49 \pm 0.10$
Grupo D	$1.57 \pm 0.03$	$1.73 \pm 0.05$
Grupo E	$0.63 \pm 0.03$	$0.83 \pm 0.55$
Promedio	$1.18 \pm 0.46$	$1.34 \pm 0.46$

Se obtuvieron frutos de Tunillo Blanco que se dividieron al azar en 5 grupos (A, B, C, D y E) donde cada grupo contenía 9 frutos

### 7.12 Flavonoides totales en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.

En la tabla 12 se observa que hubo una disminución significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el contenido de quercetina en los jugos pasteurizados respecto a los no pasteurizados. El promedio de los

jugos no pasteurizados fue de  $0.014 \pm 0.01 \text{ mg/mL}^{-1}$ ; mientras que el promedio de los jugos pasteurizados fue de  $0.01 \pm 0.01 \text{ mg/mL}^{-1}$ .

En cuanto al contenido grupo E de ambos jugos (pasteurizado y no pasteurizado) es donde se observó menor cantidad de quercetina, en el grupo A de los jugos no pasteurizados tienen la mayor cantidad de quercetina de  $0.02 \pm 0.03 \text{ mg/mL}^{-1}$  y de los jugos pasteurizados el grupo D presentó la mayor cantidad de quercetina siendo esta de  $0.2086 \pm 0.00493 \text{ mg/mL}^{-1}$ .

**Tabla 12.- Muestra los mg de quercetina equivalentes en 1 mL de extracto de jugos no pasteurizados y pasteurizados de cada uno de los grupos estudiados.**

	No Pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )	Pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )
Grupo A	$0.02 \pm 0.0313$	$0.023 \pm 0.331$
Grupo B	$0.01 \pm 0.0043$	$0.011 \pm 0.005$
Grupo C	$0.004 \pm 0.0058$	$0.0071 \pm 0.015$
Grupo D	$0.024 \pm 0.0052$	$0.208 \pm 0.004$
Grupo E	$0.004 \pm 0.0082$	$0.001 \pm 0.007$
Promedio	$0.014 \pm 0.0160$	$0.0129 \pm 0.016$
Se obtuvieron frutos de Tunillo Blanco que se dividieron al azar en 5 grupos (A, B, C, D y E) donde cada grupo contenía 9 frutos		

### **7.13 Concentraciones de betacianinas y betaxantinas en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.**

En algunos frutos que presentan mayor contenido de fenoles hay una tendencia de presentar menor contenido de betalaínas. Los resultados que se obtuvieron en el presente estudio en el jugo de tunillo blanco apoyan esta tendencia.

En el jugo de tunillo blanco (sin pigmentación), las concentraciones de betalaínas fueron bajas. En la tabla 13 se muestran las lecturas de betacianinas y betaxantinas en los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.

El contenido de betacianinas disminuyó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y el pasteurizado. Para el caso de las betaxantinas también se observó una disminución significativa ( $P \leq 0.05$ ). Esto nos indica que hubo un efecto de la pasteurización en las betalaínas y se presentaron compuestos oscurecidos lo cual se visualizó como un cambio de color (anexo 2).

**Tabla 13.- Concentración de betacianinas y betaxantinas en el jugo liofilizado no pasteurizado y pasteurizado de tunillo blanco.**

	Betacianinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )		Betaxantinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )	
	No Pasteurizado	Pasteurizado	No Pasteurizado	Pasteurizado
B1	0.031	0.002	0.017	0.001
B2	0.020	0.002	0.017	0.001
B3	0.027	0.001	0.025	0.001
Promedio	$0.026 \pm 5.557\text{E}^{-3}$	$0.002 \pm 4.42\text{E}^{-4}$	$0.0198 \pm 4.44\text{E}^{-3}$	$0.001 \pm 5.55\text{E}^{-5}$

Se tomó al grupo B de los jugos no pasteurizados y pasteurizados para la lectura de betacianinas y betalainas por triplicado.

#### **7.14 Azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo blanco.**

Se observó un cambio en la concentración de los azúcares en los jugos de tunillo blanco después de la pasteurización.

La concentración de sacarosa en el jugo pasteurizado disminuyó en un 8.85% respecto a la concentración de sacarosa en el jugo no pasteurizado.

Las concentraciones de glucosa en el jugo pasteurizado aumentó en un 13.191% respecto al jugo no pasteurizado, en la concentración de fructosa en jugos pasteurizados se observó una disminución del 93.40%

Si existió un efecto sobre el contenido de azúcar en los jugos de tunillo blanco sometidos al tratamiento de pasteurización.

**Tabla 14.- Concentraciones de sacarosa, glucosa y fructosa (ppm) en el jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo blanco.**

	No pasteurizados (ppm)	Pasteurizados (ppm)
Sacarosa	674.73	615.00
Glucosa	15803.53	17888.30
Fructosa	20506.41	1352.31
Promedio	12328.22 ± 10362.54	6618.54 ± 9766.86

**7.15 Pesos de frutos completos, pesos promedios de pulpa y de volumen total de jugo obtenido de tunillo rojo (*S. stellatus*).**

El peso en frutos completos, cantidad de pulpa y volumen de jugo extraído de tunillo rojo, se presenta en la tabla 15, se puede ver que existieron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el peso de los frutos completos en los tres grupos analizados.

El grupo A presentó el mayor peso de frutos, seguido por el grupo B y finalmente el grupo C, el peso promedio obtenido en los frutos de tunillo rojo fue de  $92.0 \pm 21.77 \text{ gr}^{-1}$ . El comportamiento observado en el peso promedio de la pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ ) en los grupos de frutos estudiados fue similar, el grupo A presentó el mayor porcentaje de pulpa 73.17%, seguido por el grupo B con 71.9% y el grupo C que presento 68.96% de la pulpa. Respecto al volumen de jugo obtenido en los frutos de tunillo rojo solo se extrajo el del grupo A donde se obtuvieron  $760 \text{ mL}^{-1}$ .

**Tabla 15.- Pesos promedios de frutos completos, pesos promedios de pulpa y volumen de jugo obtenido de tunillo rojo.**

	Fruto completo ( $\text{gr}^{-1}$ )	Pulpa ( $\text{gr}^{-1}$ )	Volumen ( $\text{mL}^{-1}$ )
Grupo A	$111.1 \pm 11.33$	$92.67 \pm 18.93$	<b>760</b>
Grupo B	$96.6 \pm 8.53$	$77.33 \pm 7.87$	-----
Grupo C	$68.3 \pm 13.12$	$80.56 \pm 15.91$	-----
Promedio	$92.00 \pm 21.77$	$66.00 \pm 17.37$	-----

Se obtuvieron los frutos de Tunillo Rojo que se dividieron al azar en tres grupos (A, B y C) con 10 piezas cada uno; solo se extrajo el jugo del grupo A, los frutos del grupo B y C se guardaron en congelación.

### 7.16 pH de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.

El jugo de tunillo rojo, tanto no pasteurizado como pasteurizado presentó un pH ácido de 4.21 y 4.24 respectivamente, no se observaron diferencias significativas ( $P \geq 0.05$ ) por el proceso de pasteurización (tabla 16).

En el jugo no pasteurizado del grupo A presentó un pH promedio de  $4.21 \pm 0.30$ . Para el jugo pasteurizado se observó una tendencia similar de pH ácido siendo el promedio de este  $4.24 \pm 0.05$ .

Tabla 16.- pH de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.

	No pasteurizado	Pasteurizado
A1	4.19	4.2
A2	4.21	4.23
A3	4.25	4.3
Promedio	$4.21 \pm 0.03$	$4.24 \pm 0.05$

Se tomaron alícuotas de 120 mL del jugo de tunillo rojo obtenido del grupo A que se dividieron en grupo A1, A2 y A3 No pasteurizados y pasteurizados.

### 7.17 Sólidos solubles totales (SST), Acidez titulable y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.

Los SST en jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo, muestran diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ); el promedio de SST del jugo no pasteurizado fue  $9.22 \pm 0.04$ ; mientras que en el jugo pasteurizado se observó un promedio de  $9.5 \pm 0.00$ .

La AT fue similar ( $P \geq 0.05$ ) en el jugo de frutos de tunillo rojo no pasteurizado y pasteurizado, el jugo no pasteurizado tuvo un promedio de  $0.05 \pm 0.01$ , mientras que el jugo pasteurizado presento un promedio de  $0.05 \pm 0.00$ .

En el cociente calculado de SST/AT muestran una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y pasteurizado de los frutos de tunillo rojo, donde los promedios fueron 196.1702 y 202.1276 respectivamente. Estos datos sugieren que el proceso de pasteurización altera significativamente el sabor del jugo de tunillo rojo (tabla 17).

**Tabla 17.- Sólidos solubles totales (SST) en °Brix, acidez titulable (% ác. Málico) y cociente de (SST/AT) de jugos no pasteurizados y pasteurizado de tunillo rojo.**

No pasteurizado			Pasteurizado		
SST	AT	SST/AT	SST	AT	SST/AT
9.22 ± 0.0447	0.047 ± 0.00	196.17	9.75 ± 0.37	0.047 ± 0.00	202.12
Se tomaron las lecturas al grupo A1 No pasteurizado y pasteurizado por ser el jugo obtenido del mismo grupo.					

### 7.18 Compuestos fenólicos totales de jugos no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.

La concentración de compuestos fenólicos totales disminuyó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) en el jugo de los frutos de tunillo rojo pasteurizado comparado con el no pasteurizado (tabla 18).

El jugo no pasteurizado presento mayor concentración de ácido gálico con un valor de  $4.86 \pm 0.02 \text{ mg/mL}^{-1}$  y el jugo no pasteurizado obtuvo  $3.15 \pm 0.02 \text{ mg/mL}^{-1}$ .

Estos resultados nos indicaron que el proceso calórico (pasteurización) tiene un efecto sobre esta característica en el jugo de tunillo rojo (*S. stellatus*).

**Tabla 18.- Muestra los mg de ácido gálico equivalentes en 1 mL de extracto de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo (*S. stellatus*).**

No pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )	Pasteurizados ( $\text{mg/mL}^{-1}$ )
4.86 ± 0.02	3.15 ± 0.02
Se tomaron las lecturas al grupo A1 No pasteurizado y pasteurizado por ser el jugo obtenido del mismo grupo.	

### 7.19 Flavonoides totales en jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.

En la tabla 19 se muestran los valores en mg de quercetina en 1 mL<sup>-1</sup> de jugo, donde se pudo observar que existen diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo (grupo A).

El valor que se obtuvo del jugo no pasteurizado fue de  $0.64402 \pm 0.03449$  mg/mL<sup>-1</sup>; mientras que el valor obtenido del jugo pasteurizado fue de  $0.61915 \pm 0.01741$  mg/mL<sup>-1</sup>.

**Tabla 19.- Muestra los mg de quercetina equivalentes en 1 mL de extracto de jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.**

No Pasteurizados (mg/mL <sup>-1</sup> )	Pasteurizados ( $\mu$ g/mL <sup>-1</sup> )
0.64 $\pm$ 0.03	0.61 $\pm$ 0.01
Se tomaron las lecturas al grupo A1 No pasteurizado y pasteurizado por ser el jugo obtenido del mismo grupo.	

### 7.20 concentración de betacianinas y betaxantinas de jugos no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.

Los resultados que se obtuvieron en las determinaciones nos indican que el caso del jugo de tunillo rojo cumple con la tendencia de que entre menor sea la concentración de fenoles mayor es la concentración de betalainas, caso contrario en los jugos de xoconostle ácido y tunillo blanco.

En la tabla 20 se muestran las lecturas de betacianinas y betaxantinas en los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.

El contenido de betacianinas no presentó diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y el pasteurizado siendo los valores promedios obtenidos de  $2.119E^{-4} \pm 3.36E^{-6}$  y  $2.101E^{-4} \pm 5.82E^{-6}$  respectivamente. Para el caso de las betaxantinas también se observó

que no existe una diferencia significativa ( $P \geq 0.05$ ) entre el jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo, los valores promedios obtenidos fueron  $1.881E^{-4} \pm 6.54E^{-6}$  y  $1.92E^{-4} \pm 4.41E^{-6}$  respectivamente. Estos datos nos indican que no hubo un efecto significativo de la pasteurización sobre las betalaínas en los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo, se pudo observar ligeramente la presencia de compuestos oscurecidos después del proceso calórico.

**Tabla 20.- Concentración de betacianinas y betaxantinas en el jugo liofilizado pasteurizado y no pasteurizado de tunillo rojo.**

	Betacianinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )		Betaxantinas ( $\mu\text{g/g}^{-1}$ )	
	No pasteurizado	Pasteurizado	No pasteurizado	Pasteurizado
1	0.21	0.21	0.18	0.19
2	0.21	0.20	0.19	0.18
3	0.21	0.21	0.18	0.19
Promedio	$0.21 \pm 3.36E^{-3}$	$0.21 \pm 5.82E^{-3}$	$0.18 \pm 6.54E^{-3}$	$0.19 \pm 4.11E^{-3}$
Se tomaron las lecturas al grupo A1 No pasteurizado y pasteurizado por triplicado (1,2 y 3).				

### **7.21 Azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) en jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo.**

Después de las determinaciones de características químicas en el jugo no pasteurizado y el pasteurizado de tunillo rojo, se observó un cambio en la concentración de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) después de la pasteurización.

Los resultados nos mostraron que la concentración de sacarosa en el jugo pasteurizado aumento el 42.43% respecto a la del jugo no pasteurizado.

Respecto a las concentraciones de glucosa en el jugo pasteurizado se observó una disminución del 47.6% respecto al jugo no pasteurizado, en la concentración de fructosa en el jugo pasteurizado se observó un aumento del 13.6% respecto al del jugo no pasteurizado.

Los datos obtenidos nos indicaron que hubo un efecto sobre los jugos de tunillo rojo sometidos al tratamiento térmico (pasteurización). Tabla 21

**Tabla 21.- Concentraciones de sacarosa, glucosa y fructosa (ppm) en el jugo no pasteurizado y pasteurizado de tunillo rojo.**

	No pasteurizados (ppm)	Pasteurizados (ppm)
Sacarosa	166970209.8	96130917.77
Glucosa	72023202.34	106298921.3
Fructosa	427389419.2	369261943.2
Promedio	222127610.4 ± 183991959.5	190563927.4 ± 154840507.3

### **7.22 Prueba de tolerancia a la glucosa oral (PTGO) de los jugos frescos y pasteurizados de xoconostle ácido, tunillo blanco y tunillo rojo.**

Se tienen reportes del efecto hipoglucemiante de *O. joconostle*. En el presente trabajo se estudió si el proceso de pasteurización afecta esta característica y se obtuvo lo siguiente.

El jugo pasteurizado de *O. joconostle* mostro que los niveles de azúcar en las ratas fueron más bajos que los del control negativo y con el jugo no pasteurizado se normalizaron los niveles de azúcar más rápido, no se observaron diferencias significativas entre estos resultados.

El jugo pasteurizado de tunillo blanco muestra un aumento en los niveles de azúcar respecto al control, los resultados que presento el jugo no pasteurizado indican que los niveles de azúcar se mantienen, estos datos nos indican que no existe un efecto hipoglucemiante

Los jugos no pasteurizados y pasteurizados de tunillo rojo no tienen un efecto hipoglucemiante, los resultados nos muestran un aumento en los niveles de azúcar.

En el ensayo donde se dieron los jugos no pasteurizados y pasteurizados 15 minutos antes de la ingesta de azúcar los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes.

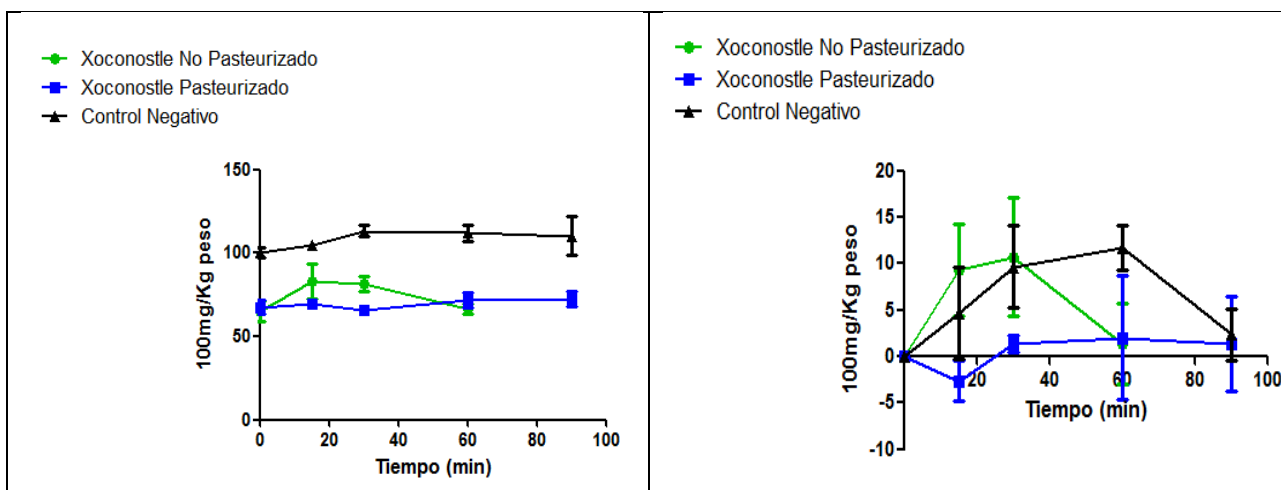
El jugo de *O. joconostle* no pasteurizado presentó niveles de azúcar más bajos respecto al control negativo y el jugo pasteurizado presentó niveles iguales a los del control.

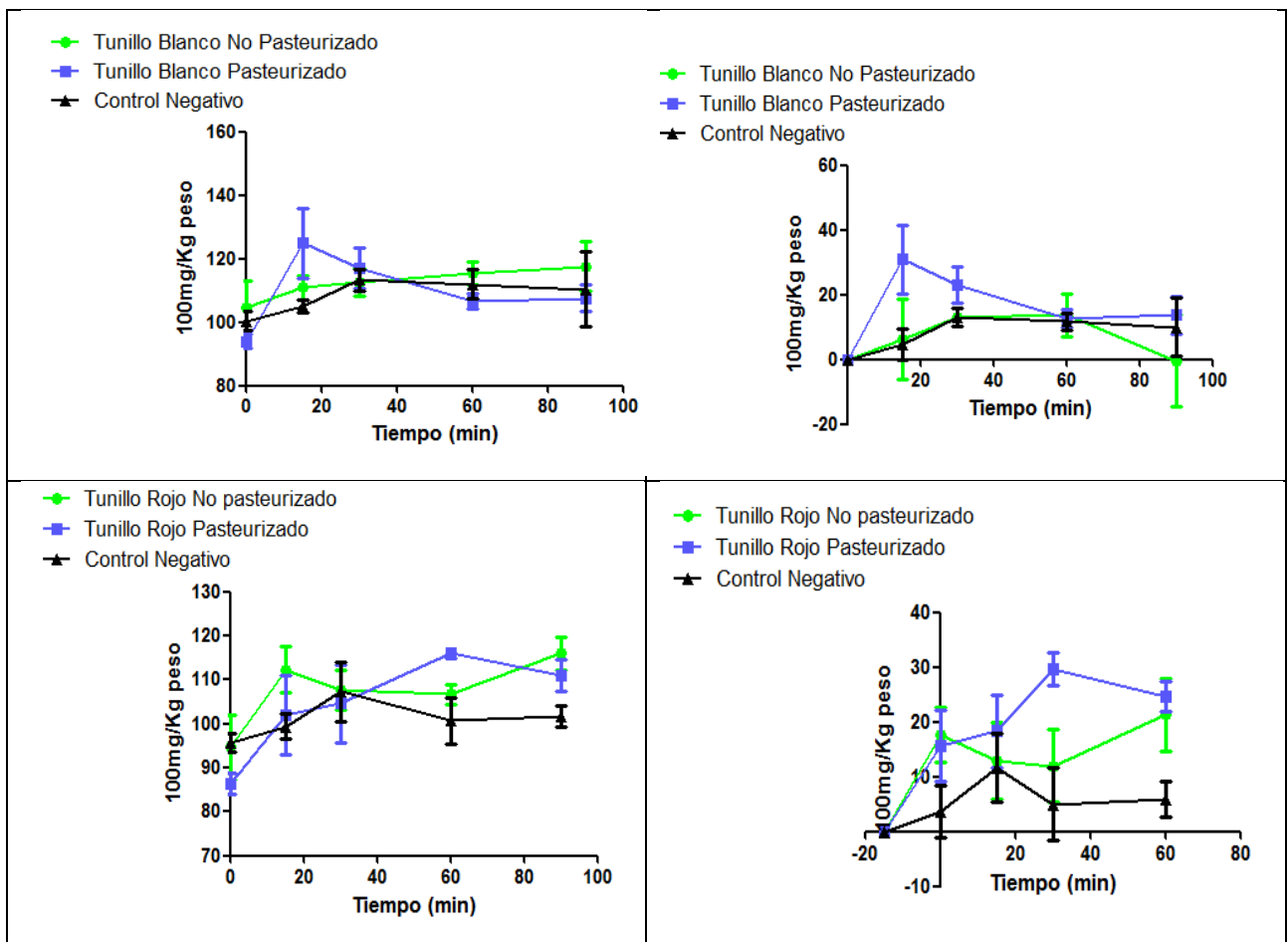
Los jugos de tunillo blanco no pasteurizados y pasteurizados no presentan efecto hipoglucemiante

En tunillo rojo el jugo pasteurizado presenta un aumento en la concentración de glucosa respecto al control lo que indica que no presenta efecto hipoglucemiante, el jugo no pasteurizado presenta un aumento en la concentración de glucosa menor al control lo que puede indicar una regulación en la absorción de azúcar cuando es administrado 15 minutos antes.

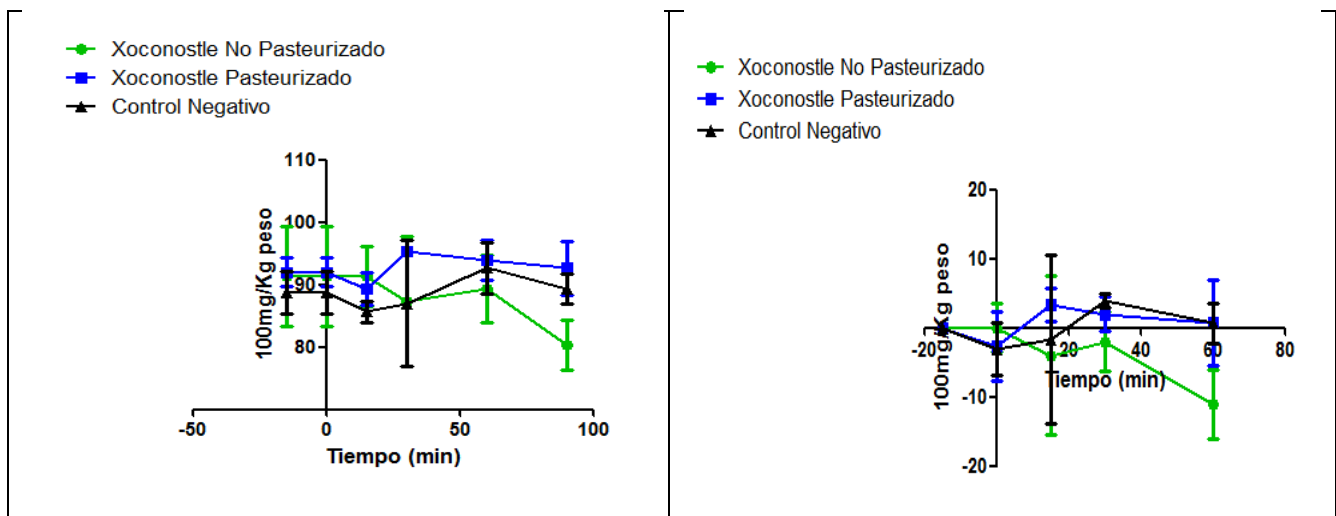
En la figura 4 aparecen las curvas de tolerancia a la glucosa (PTGO) de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostle ácido y tunillos al ser administrados simultáneamente con la glucosa

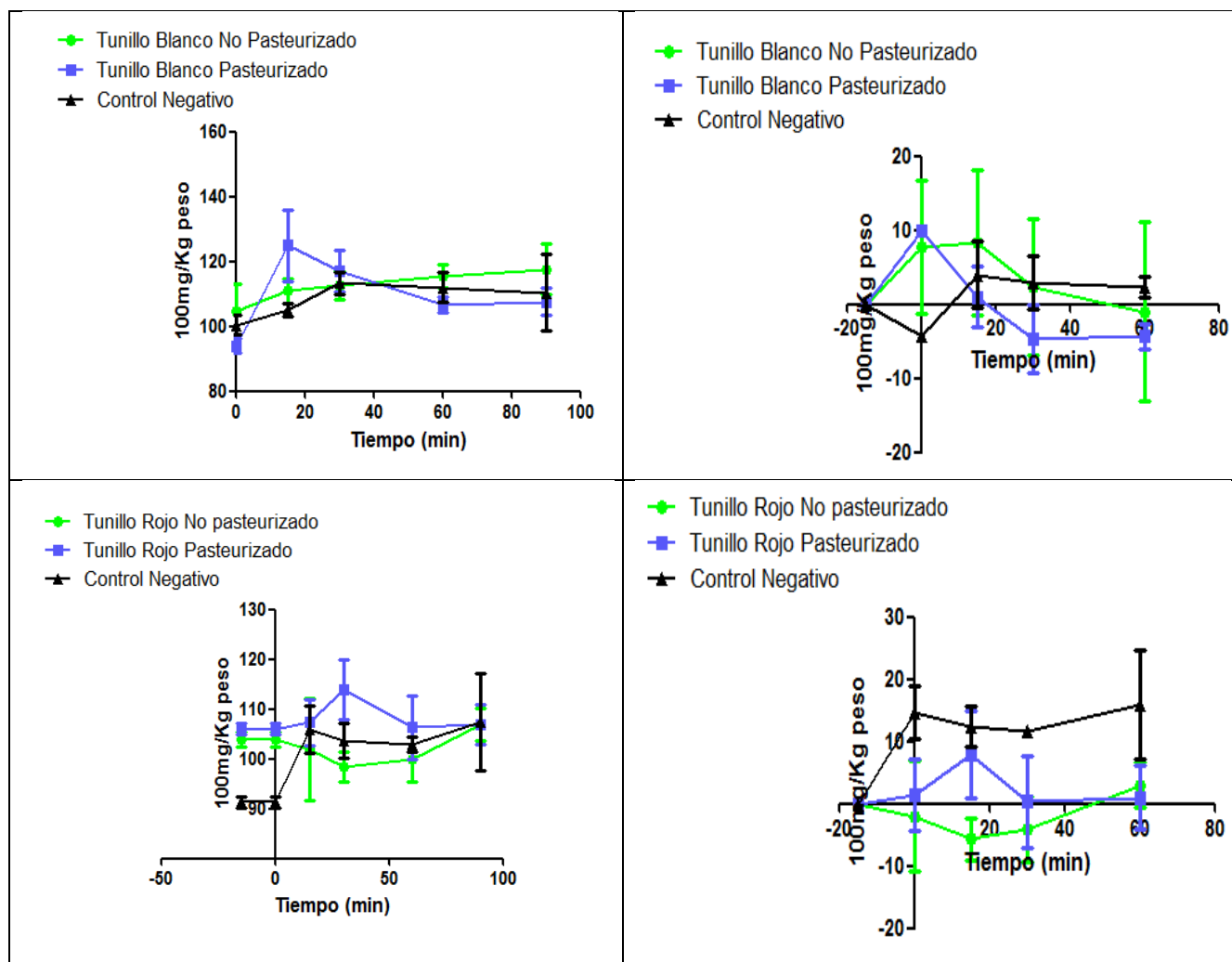
En la figura 5 se muestran las curvas de PTGO de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostles ácido y tunillos al ser administrados 15 minutos antes de la carga de glucosa.





**Figura 4.** Estudio de tolerancia de glucosa en el modelo de rata macho Wistar, administrando una carga de glucosa 1g/Kg de peso en el tiempo cero de manera concomitante con el extracto. En la columna de la izquierda se muestra el contenido total de glucosa (panel a) mientras que en la derecha la ganancia (panel b).





**Figura 5.** Estudio de tolerancia de glucosa en el modelo de rata macho Wistar, administrando una carga de glucosa 1g/Kg de peso 15 minutos después del extracto. En la columna de la izquierda se muestra el contenido total de glucosa (panel a) mientras que en la derecha la ganancia (panel b).

## 8 Resumen de resultados de los parámetros físicos y químicos determinados en jugos de Xoconostle y Tunillos (blanco y rojo).

PARAMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE JUGO PASTEURIZADO Y NO PASTEURIZADO DE XOCONOSTLE ( <i>Opuntia joconostle</i> ), Tunillo Blanco y Rojo( <i>Stenocereus stellatus</i> )						
FÍSICOS	Xoconostle ( <i>O. joconostle</i> )		Tunillo Blanco ( <i>S.stellatus</i> )		Tunillo Rojo ( <i>S. stellatus</i> )	
PESOS FRUTOS COMPLETOS (gr <sup>-1</sup> )	114.92 ± 12.24		106.05 ± 10.4		111.1 ± 11.33	
PESO PULPA (gr <sup>-1</sup> )	100.40 ± 10.56		80.31 ± 8.19		81.3 ± 8.08	
VOLUMEN (mL)	170 ± 44.58		530 ± 137.07		760	
QUÍMICOS	NO PASTEURIZADO	PASTEURIZADO	NO PASTEURIZADO	PASTEURIZADO	NO PASTEURIZADO	PASTEURIZADO
SST (°Brix)	4.19 ± 0.46	4.26 ± 0.50	9.64 ± 1.43	10.89 ± 2.25	9.22 ± 0.04	<b>9.5 ± 0.00 **</b>
AT (% Ác. Málico)	0.182 ± 0.01	0.167 ± 0.0	0.05 ± 0.01	0.08 ± 0.00	0.047 ± 0.00	0.047 ± 0.00
SST/AT	23.018 ± 1.95	25.55 ± 2.53	182.98 ± 36.73	134.69 ± 23.39	196.17	202.12
pH	3.01 ± 0.02	3.09 ± 0.02	4.022 ± 0.13	4.22 ± 0.22	4.21 ± 0.30	4.24 ± 0.05
FENOLES (mg/mL <sup>-1</sup> )	9.146 ± 0.81	9.842 ± 0.72	1.187 ± 0.46	1.3497 ± 0.45	4.858 ± 0.01	<b>3.148 ± 0.02 **</b>
FLAVONOIDES (mg/mL <sup>-1</sup> )	0.169 ± 0.02	0.153 ± 0.00	0.0149 ± 0.01	0.0129 ± 0.01	0.644 ± 0.03	0.6191 ± 0.01
SACAROSA (ppm)	481.76	<b>857.64 **</b>	674.72	<b>615.00 **</b>	166970209.8	<b>96130917.77 **</b>
GLUCOSA (ppm)	7753.47	<b>5891.56 **</b>	15803.53	<b>17888.30 **</b>	72023202.34	<b>106298921.3 **</b>
FRUCTOSA (ppm)	2320.02	<b>1555.03 **</b>	20506.41	<b>1352.31 **</b>	427389419.2	<b>369261943.2 **</b>
BETACIANINAS (µg/g <sup>-1</sup> )	0.070 ± 3.47E <sup>-4</sup>	<b>0.112 ± 7.44E<sup>-4</sup>**</b>	0.0265 ± 5.5E <sup>-3</sup>	<b>0.002 ± 4.42E<sup>-4</sup>**</b>	0.211 ± 3.36E <sup>-3</sup>	0.210 ± 5.82E <sup>-3</sup>
BETAXANTINAS (µg/g <sup>-1</sup> )	0.005 ± 4.54E <sup>-5</sup>	<b>0.096 ± 9.08E<sup>-4</sup>**</b>	0.019 ± 4.4E <sup>-3</sup>	<b>0.001 ± 5.55E<sup>-5</sup>**</b>	0.188 ± 6.54E <sup>-3</sup>	0.192 ± 4.11E <sup>-3</sup>

\*\* Existen diferencias significativas por efecto de la pasteurización en los jugos de Xoconostles (*O. joconostle*, *S. stellatus*)

## 9. Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos de los parámetros medidos en los jugos no pasteurizados y pasteurizados de los tres frutos estudiados (*O. joconostle* y *S. stellatus*) se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Los frutos analizados fueron heterogéneos en cuanto a sus pesos promedios, debido a la variabilidad biológica.

En los tres tipos de frutos analizados no hubo efecto de la pasteurización en los parámetros pH, acidez titulable y flavonoides.

Xoconostle ácido y tunillo blanco se observaron diferencias en los niveles de azúcares y concentración de betalaínas

Tunillo rojo presento diferencias significativas en sólidos solubles totales, cociente de SST/AT, fenoles y niveles de azúcares.

La variación que presentó tunillo rojo en SST/AT sugiere que la pasteurización puede alterar el sabor del jugo; con este dato preliminar podemos sugerir la realización de un estudio sensorial sobre el efecto del proceso calórico en esta característica del jugo de tunillo rojo.

Los resultados de la PTGO que presentó *O. joconostle* indican que la pasteurización ayuda a que el jugo tenga un mejor efecto hipoglucemiante cuando se toma de manera concomitante con el azúcar, mientras que el jugo no pasteurizado ayuda a que los niveles de azúcar se recuperen más rápido; cuando se toma 15 minutos antes el jugo no pasteurizado mantiene su efecto y el pasteurizado regula los niveles de azúcar; esto nos indica que el tiempo de la ingesta del jugo es un factor que interviene en esta característica.

Tunillo rojo presenta un efecto con el jugo no pasteurizado solo cuando se administra 15 minutos antes, esto puede deberse a la absorción del azúcar del jugo, que aumenta la concentración de azúcar en el organismo y cuando se administra la dosis de azúcar la rata la

procesa mejor debido a que quedan disponibles los compuestos que amortiguan la dosis de azúcar que se da después.

Con lo anterior podemos concluir que la pasteurización es una alternativa viable para la conservación de los jugos de tunillos y xoconostle.

**Las perspectivas de este trabajo son:**

Realizar ensayos del efecto hipoglucemiante de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostle (*Opuntia joconostle*) y tunillo rojo (*Stenocereus stellatus*) en un modelo *in vivo* con ratas macho de la cepa Wistar que estén entrenadas y diabetizadas.

Realizar ensayos sensoriales para determinar si la pasteurización cambia el sabor y aroma de los jugos.

## 10. Bibliografía

1. Aarland RC, Bañuelos-Hernández AE, Fragoso-Serrano CM, Sierra-Palacios E, Díaz de León-Sánchez F., Pérez-Flores LJ, Rivera-Cabrera F., Mendoza-Espinoza JA. 2016. Studies on phytochemical, antioxidant, anti-inflammatory, hypoglycemic and cytotoxic activities of Echinacea extracts. *Pharmaceutical Biology*. 55 (1), 649–656.
2. Aarland RC., Peralta-Gómez S., Morales Sánchez C., Parra-Bustamante F., Villa-Hernández JM., Díaz de León-Sánchez F., Pérez-Flores LJ., Rivera-Cabrera F., Mendoza-Espinoza JA. 2015. A pharmacological and phytochemical study of medicinal plants used in Mexican folk medicine. *Indian Journal of Traditional Knowledge*. 14 (4), 550-557.
3. Abundiz SJ., Guzman PJE., Gutiérrez JJA., Sandoval MMA., Yañez OA. 2014. Abordaje farmacológico en el paciente con Diabetes Mellitus Tipo 2 con énfasis en la insulinización oportuna. *Revista Atención Familiar*. 17 (4), 107-117.
4. Arias S. 2012. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 95. Segunda edición. UNAM.
5. Atlas de diabetes de la FID. 2013. Federación Internacional de Diabertes. 6, 22
6. Beltran MC., Olivia TG., Gallardo T. 2005. La pitaya *Stenocereus stellatus* como alimento funcional. Disponible en: [www.alfa-editores.com/alimentaria/Noviembre%20Diciembre%2005/TECNOLOGIA%20Pitaya.htm](http://www.alfa-editores.com/alimentaria/Noviembre%20Diciembre%2005/TECNOLOGIA%20Pitaya.htm)
7. Bravo H., Sanchez H. 1978. Las cactáceas de México. UNAM México. 3 (1 y 3), 643.
8. Carrillo IML., Reyes MA. 2013. Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 2, (3), 1-25.

9. Castro-Martínez MG., Castillo-Anaya V., Ochoa-Aguilar A., Godínez-Gutiérrez S. 2014. La Metformina y sus aplicaciones actuales en la clínica. Artículo de revisión. Med. Int. Méx. 30:562-574. Disponible en; [www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2014/mim145i.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2014/mim145i.pdf)
10. Cerda LJ., Nevenka VB., Mosso GL. 2010 Diabetes Tipo 2 y su tratamiento con Tiazolidinedionas. Revista chilena de Endocrinología y Diabetes. 3 (4). 12.
11. Chang CC., Yang MH., Wen HM., Chern JC. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. J Food Drug Annual 10: 178-182.
12. De Luna-Valadez J.M., Gallegos-Vásquez C., Scheinvar L., Valdez-Zepeda RD. 2016. Caracterización morfométrica de variantes silvestres de xoconostle (*Opuntia spp.*) de Zacatecas, México. Rev. Agroproductividad, 4, 19-27.
13. Escobedo-de la Peña J., Buitrón-Granados LV., Ramírez-Martínez JC., Chavira-Mejía R., Schargrodsky H., Marcet Champagne B. 2011. Diabetes en México. Estudio CARMELA. Cirugía y Cirujanos. Volumen 79, No 5, Septiembre-Octubre. 424-431. Disponible en:  
<http://www.interamericanheart.org/images/CARMELAdiabetesmexicoSPA.pdf>
14. Fernández, SJM. 2004. Pasteurización. Tecnología de los Alimentos 4º Ingeniero Químico. 3-26. Disponible en: <http://slidershare.net/yquezada21/tema7-pasteurizacion>
15. Fundación Internacional de Diabetes. 2008. Medicamentos hipoglucemiantes. Módulo III-2 sección 3.
16. Gallegos-Vásquez C., Scheinvar L., Martínez-González CR., Gallegos-Luévano NA. 2009. Registro en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales de 20 variantes productoras de xoconostle (*Opuntia spp.*). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Resúmenes Ejecutivos Ejercicio Fiscal. 81-87

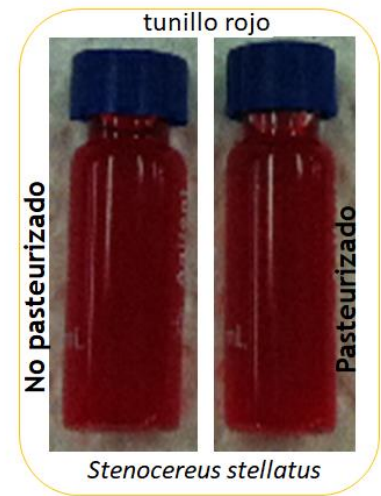
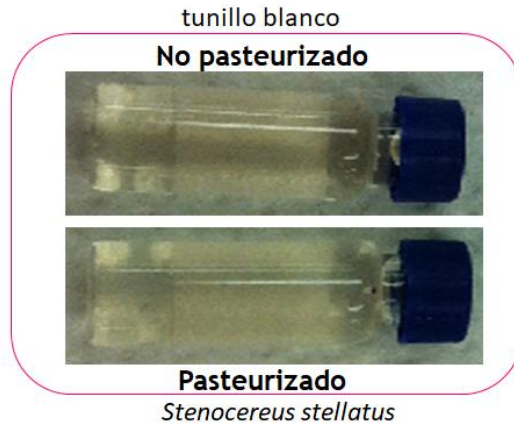
17. Gilia V., Habibb N., Gentab S., Alonso TS., Sánchez SS. 2007. Efecto hipoglucemiante de cladodios y frutos de *Opuntia aff. salagria* en ratas. Revista Boletín Latinoamericano y del Caribe de plantas medicinales y aromáticas. 6 (6).
18. Guevara-Arauza JC. 2009 Efectos biofuncionales del nopal y la tuna. Revista Horticultura. (71).
19. Hernández OD. 2015. Propuesta a la empresa “Chicome” de la región de San Juan Teotihuacán para obtener la declaratoria de Denominación de Origen (D. O) de los licores de tuna, nopal y xoconostle. Tesina de la Universidad Autónoma del Estado de México. 11-83.
20. Hernández-Ávila M., Olíz-Fernández G. 2002 La diabetes y el mexicano: un reto para la salud pública. Ciencia. 53 (3), 8-17
21. López-Luengo T. 2006. Plantas medicinales con actividad hipoglucemiante. Farmacéutica. 25 (5), 82-88.
22. Luna C., Aguirre J., Peña C. 2001. Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae) Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72(2):131-155.
23. Muñoz A., Vega J. 2014. Determinación de sólidos solubles en alimentos. Curso: Análisis instrumental de productos Agroindustriales. Perú. Universidad Nacional de Santa. Pág. 2.
24. Osorio O. 2008. Influencia de tratamientos térmicos en la calidad y estabilidad del puré de fresa (*Fragoria x ananassa*, cv *Camarosa*) (Tesis para optar el grado de doctor) Valencia. Universidad Politecnica de Valencia.

25. Paiz RC. 2007. Efecto hipoglucemiante de *Opuntia joconostle* WEB en ratas diabéticas. Tesis para obtener el grado de Maestría en Ciencias Ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Pág. 8
26. Pellati F., Epifano F., Contaldo N., Orlandini G., Cavicchi L., Genovese S. 2009. Chromatographic methods for metabolite profiling of virus- and phytoplasma-infected plants of *Echinacea purpurea*. J. Agric. Food Chem.59, 10425–10434 10.1021/jf2025677 [PubMed] [Cross Ref]
27. Pliego OAD. 2009. Características generales de la pitaya (*Stenocereus stellatus*) en México. Monografía. Buenavista, Saltillo Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” División de Ciencia Animal. Pág. 2
28. Saenz C., Berger H., Corrales GJ., Galleti L., Garcia CV., Higuera I., Mondragón C., Rodríguez-Felix A., Sepúlveda E., Varnero MT. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de Servicios agrícolas de la FAO 162. Pág. 12
29. Scheinval L., Gallegos VC., Olalde PG., Sánchez CV., Linaje M. 2011. Informe final proyecto “Estado del conocimiento de las especies del nopal (*Opuntia ssp*) productoras de Xoconostles silvestres y cultivados”. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. Pág. 7.
30. Schlaepfer L., Mendoza-Espinoza JA. 2010. Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. Revista Mexicana de la Asociación Farmacéutica. 41 (4), 18-27.
31. Serrano-Martínez G. 2015. Estudios sobre los residuos del agua clorada en el lavado de la pitaya de mayo (*Stenocereus pruinosus*) y xoconostle dulce (*Stenocereus stellatus*). Tesis para obtener el grado de especialista en biotecnología. UAM-I. México. Págs. 5, 8, 10.

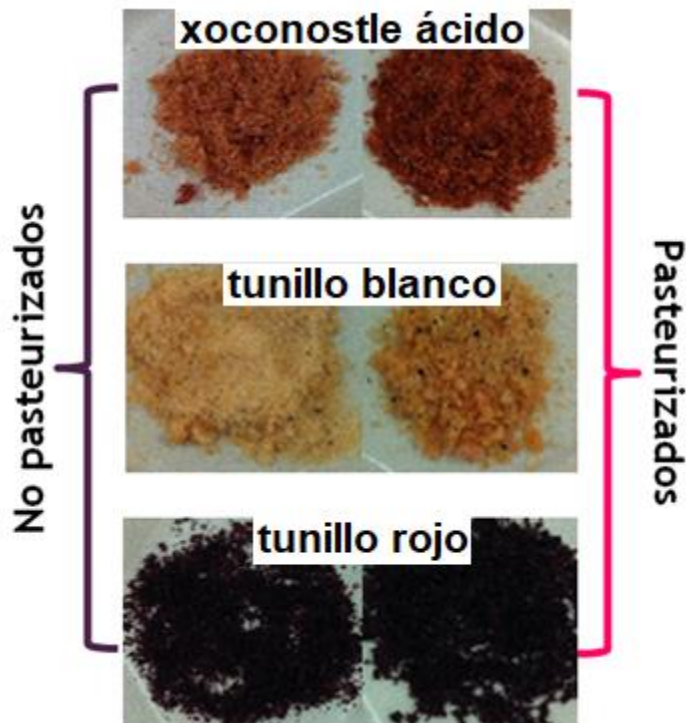
32. Singleton VL.; Rossi J.A. 1965 Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdicphosphotungstic acid reagents. Am. J. Enol. Vitic. 16, 144-158.
33. Torres-Luna AF. 2013. Evaluación del efecto hipoglucemiante de un extracto acuoso de *Trichocereus peruvianus* en un modelo de ratones CD1. Tesis para obtener el título de Químico Farmacéutico Biólogo. UNAM, México. Págs. 36, 52-59.
34. Urzúa GZ. 2011. Efectos crónicos de la cafeína sobre el nivel y tolerancia a la glucosa en ratas sanas y con D. M. experimental. Tesis para obtener el grado de maestría en Ciencias Médicas. Universidad de Colima. Facultad de medicina. Centro de Investigaciones biomédicas. Colima, Colima, México. Págs. 31, 35 y 37.

# ANEXOS

**Anexo 1: Imágenes de los jugos no pasteurizados y pasteurizados de xoconostles (*Opuntia joconostle* y *Stenocereus stellatus*).**



**Anexo 2: Imágenes de los jugos no pasteurizados y pasteurizados liofilizados de xoconostles (*Opuntia joconostle* y *Stenocereus stellatus*).**



Comisión Académica del Posgrado en Biotecnología

**P R E S E N T E**

He revisado la Tesis de Especialización: “**Determinación del efecto hipoglucemiante del jugo fresco y pasteurizado obtenido de Xoconostles (*Opuntia joconostle* y *Stenocereus stellatus*)**” que presenta la candidata **Shindu Iraís Gómez Covarrubias**, del Posgrado en Biotecnología

Encuentro la calidad de la tesis en cuanto a su:

- **Originalidad:** insuficiente, suficiente, buena, muy buena, excelente

Comentarios:

- **Calidad científica:** insuficiente, suficiente, buena, muy buena, excelente

Comentarios:

- **Presentación escrita:** insuficiente, suficiente, buena, muy buena, excelente

Comentarios:

- **Comentarios generales:**

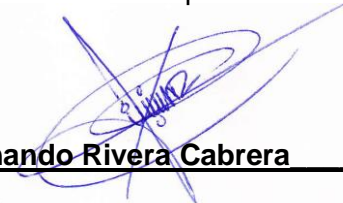
Las sugerencias y comentarios se incluyeron en el manuscrito original y ya se le enviaron a la estudiante.

Las sugerencias están principalmente enfocadas a enriquecer el manuscrito.

**Conclusión:**

- a. Considero que el candidato puede presentarse a defender la tesis (Si/No) **SI**
- b. Es necesaria una reunión con el candidato y el jurado para aclarar aspectos del documento escrito (Si/No) **NO**

NOMBRE Y FIRMA DEL MIEMBRO DEL JURADO: **Fernando Rivera Cabrera**



FECHA: **23 julio de 2018**



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

### ACTA DE IDÓNEA COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

No. 00194

Matrícula: 2173801504

DETERMINACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DEL JUGO FRESCO Y PASTEURIZADO DE XOCONOSTLES (*Opuntia joconostle* y *Stenocereus stellatus*)

En la Ciudad de México, se presentaron a las 10:00 horas del día 14 del mes de septiembre del año 2018 en la Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana, los suscritos miembros del jurado:

DR. JOSE ALBERTO MENDOZA ESPINOZA  
DR. FERNANDO RIVERA CABRERA

siendo el primero asesor de la alumna y lector el segundo, de la Idónea Comunicación de Resultados, se reunieron a evaluar la presentación cuya denominación aparece al margen, para la obtención del diploma de:

ESPECIALIZACION EN BIOTECNOLOGIA

DE: SHINDU IRAIS GOMEZ COVARRUBIAS

y de acuerdo con el artículo 79 fracción II del Reglamento de Estudios Superiores de la Universidad Autónoma Metropolitana, los miembros del jurado resolvieron:

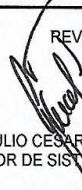
APROBAR

Acto continuo, se comunicó a la interesada el resultado de la evaluación y, en caso aprobatorio, le fue tomada la protesta.



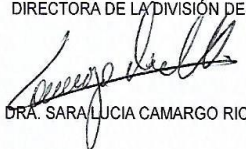
SHINDU IRAIS GOMEZ COVARRUBIAS  
ALUMNA

REVISÓ




LIC. JULIO CÉSAR DE LARA ISASSI  
DIRECTOR DE SISTEMAS ESCOLARES

DIRECTORA DE LA DIVISIÓN DE CBS



DRA. SARA LUCÍA CAMARGO RICALDE

ASESOR



DR. JOSE ALBERTO MENDOZA ESPINOZA

LECTOR



DR. FERNANDO RIVERA CABRERA