



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO  
INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA  
LICENCIATURA EN QUÍMICA DE ALIMENTOS

**TESIS**

**MEJORAMIENTO DE LA ACEPTABILIDAD  
SENSORIAL Y CALIDAD FÍSICOQUÍMICA DE  
NÉCTAR Y JALEA DE TUNA (*Opuntia incarnadilla*)  
PRODUCIDOS POR UNA COOPERATIVA  
HIDALGUENSE**

**Para obtener el título de**

**Licenciada en Química de Alimentos**

**PRESENTA**

América Maycell Santillán

**Directora**

Dra. Judith Jaimez Ordaz

**Codirectora**

Dra. Ilse Monroy Rodríguez

Pachuca de Soto, Hgo., México; enero 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
*School of Engineering and Basic Sciences*

Mineral de la Reforma, Hgo., a 30 de octubre de 2024

Número de control: ICBI-D/1304/2024  
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Egresada de la Licenciatura en Química **América Maycseil Santillán**, quien presenta el trabajo de titulación **“Mejoramiento de la aceptabilidad sensorial y calidad fisicoquímica de néctar y jalea de tuna (*Opuntia incarnadilla*) producidos por una cooperativa hidalguense”**, después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

**Presidente:** Dr. Javier Añorve Morga

**Secretario:** Dra. Elizabeth Contreras López

**Vocal:** Dra. Judith Jaimez Ordaz

**Suplente:** Dra. Ilse Monroy Rodríguez

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente  
"Amor, Orden y Progreso"

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez  
Director del ICBI



GVR/YCC

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001  
direccion\_icbi@uaeh.edu.mx,  
vergarar@uaeh.edu.mx



# Agradecimientos

A mi mamá, por ser la mejor mamá del mundo, por darme su apoyo incondicional y amor durante mi trayecto académico. Su dedicación y sacrificio en mi educación fueron fundamentales para mi éxito. Gracias por ser mi fuente de inspiración y motivación día con día, por creer en mí y apoyarme en cada paso de mi vida.

A la Dra. Judith Jaimez Ordaz y la Dra. Ilse Monroy Rodríguez, por su dedicación y orientación en la elaboración de esta tesis, al igual que por su liderazgo y visión que me permitieron crecer académicamente y profesionalmente. Gracias por su paciencia, sabiduría, entusiasmo, pero sobre todo por apoyarme en todo momento.

Al Dr. Jesús Guadalupe Pérez Flores y a la Dra. Elizabeth Contreras López por su gran asesoría y permitir el acceso a los equipos necesarios para la realización de esta tesis.

A la Cooperativa Pacha Verde por abrir sus puertas y permitirme realizar la elaboración de sus productos, al igual que por su contribución en la recopilación de datos y recursos relacionados con la tuna.

A mis amigos Abril Ponce, Guillermo Liborio, Jonathan Islas y Lorena Valencia, quienes me brindaron su apoyo incondicional y compañía durante mi investigación. Gracias por hacer este viaje académico más divertido, los quiero mucho.

A mi novio, por su paciencia, amor, comprensión y por su apoyo emocional durante los momentos difíciles de mi investigación, gracias por haberme acompañado en este camino.

A mi gatihijo Timoteo por su apoyo silencioso y su presencia cálida que me acompañó durante la redacción de esta tesis, quien también me proporcionó momentos de alegría y tranquilidad en momentos estresantes.

A mi perro hermano Goofy Roberto, que me enseñó sobre la lealtad, el amor y la felicidad. Aunque ya no este conmigo, siempre estará en mi corazón y en mis recuerdos. Algún día nos volveremos a encontrar. En un futuro, en otros mundos, en otra vida.

# Dedicatoria

**A mi mamá** quien me enseñó a creer en mí misma y a nunca rendirme

**A Goofy Roberto** quien me dejó un legado de amor y recuerdos inolvidables

**A Timoteo** quien me enseñó sobre la paciencia, la compañía, el amor y la lealtad

**A todos** aquellos que creyeron en mí y me apoyaron en este proceso



Work hard to make your dreams come true

-The princess and the frog

Parte de los resultados obtenidos en esta  
investigación se presentaron en el

11th International Food Science, Biotechnology and  
Safety Congress Latin Food 2024

obteniendo el  
segundo lugar en la categoría de póster

# Mexican Association of Food Science

THIS CERTIFICATE IS PRESENTED TO:

Maycsell-Santillán, América, Monroy-Rodríguez, Ilse, Añorve-Morga,  
Javier, Contreras-López, E., Jaimez-Ordaz, Judith

IN RECOGNITION BY POSTER PRESENTATION:

PP 11 20

**Enhancing sensory acceptability, physicochemical properties, and preservation of an artisanal prickly pear nectar**

at the 11th International Food Science, Biotechnology and Safety  
Congress Latin Food 2024 which took place on November 13-15 in  
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico.



Dr. César Ozuna López  
PRESIDENT OF THE ORGANIZING  
COMMITTEE



Dr. Gilber Vela Gutiérrez  
PRESIDENT OF AMECA



Dra. Efigenia Montalvo González  
PRESIDENT OF THE SCIENTIFIC  
COMMITTEE



Latin 2024  
Food

11th Food Science,  
Biotechnology & Safety Congress  
Asociación Mexicana de Ciencia de los Alimentos A.C.  
MEXICAN ASSOCIATION OF FOOD SCIENCE

# Mexican Association of Food Science:

## THIS CERTIFICATE IS PRESENTED TO:

Maycsell-Santillán, América; Monroy-Rodríguez, Ilse; Añorve-Morga, Javier; Contreras-López, E.; Jaimez-Ordaz, Judith.

### POSTER

#### SECOND PLACE

#### AREA II. TRADITIONAL AND ENDEMIC FOODS

Enhancing sensory acceptability, physicochemical properties, and preservation of  
an artisanal prickly pear nectar

at the 11th Food Science, Biotechnology and Safety Congress Latin Food 2024 which  
took place on November 13-15 in Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, Mexico.

Dr. César Ozúna López

PRESIDENT OF THE ORGANIZING  
COMMITTEE

Dr. Gilber Vela Gutiérrez

PRESIDENT OF AMECA

Dra. Efigenia Montalvo González

PRESIDENT OF THE SCIENTIFIC  
COMMITTEE

# Contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>2</b>
2.1. Generalidades de la tuna	2
2.1.1. Origen, distribución y usos de la tuna	2
2.1.2. Clasificación botánica y composición química	4
2.1.3. Propiedades nutricionales y efectos benéficos del consumo de tuna	5
2.1.4. Producción y comercialización de la tuna en México	6
2.2. Ventajas ambientales y socioeconómicas del cultivo y comercialización de tuna y productos derivados	8
2.3. Productos a base de tuna	10
2.4. Revisión de la literatura sobre productos elaborados a base de tuna	11
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
3.1. Objetivo general	16
3.2. Objetivos específicos	16
<b>4. METODOLOGÍA</b>	<b>17</b>
4.1. Obtención de la muestra	17
4.2. Preparación y ajuste de la formulación de néctar de tuna	17
4.2.1. Formulaciones preliminares	17
4.2.2. Elaboración de néctar de tuna	17
4.2.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos	20
4.2.4. Evaluación de la aceptabilidad del néctar de tuna	20
4.2.5. Análisis de calidad de las formulaciones F2 y F2Gx durante el almacenamiento	21

4.2.5.1. Cinéticas de estabilidad en el sistema de dispersión por transmisión y retro dispersión de luz	22
4.2.5.2. Análisis de calidad microbiológica	22
4.3. Preparación y estandarización de la formulación de jalea de tuna	22
4.3.1 Formulación de la jalea de tuna	22
4.3.2. Elaboración de la jalea de tuna	23
4.3.3. Análisis fisicoquímico de la jalea de tuna	24
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>26</b>
5.1. Resultados del proceso de formulación y evaluación de la calidad de néctar de tuna	26
5.1.1. Propuesta de formulaciones	26
5.1.2. Análisis fisicoquímico	26
5.1.3. Evaluación sensorial del néctar de tuna	31
5.1.4. Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las formulaciones F2 y F2Gx durante el almacenamiento	34
5.1.4.1. Análisis fisicoquímico	34
5.1.4.2. Cinéticas de estabilidad en el sistema de dispersión por transmisión y retro dispersión de luz	41
5.1.4.3. Análisis de la calidad microbiológica	45
5.2. Resultados del proceso de formulación y evaluación de la calidad de la jalea de tuna	47
5.2.1. Análisis fisicoquímico	47
<b>6. CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>7. REFERENCIAS</b>	<b>51</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>62</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Planta de nopal ( <i>Opuntia ficus-indica</i> )	3
<b>Figura 2.</b> Variedades de tuna (alfajayucan, amarilla, blanca burrón, blanca cristalina, criolla, pico chulo, roja y xoconostle)	5
<b>Figura 3.</b> Beneficios del consumo de tuna	6
<b>Figura 4.</b> Estados productores de tuna en México	7
<b>Figura 5.</b> Municipios productores de tuna en Hidalgo	8
<b>Figura 6.</b> Productos a base de tuna	11
<b>Figura 7.</b> Marcas comerciales de productos a base de tuna: A) mermelada de tuna Nopalissimo, B) agua de tuna Suculenta, C) néctar de tuna con piña Ecofresh, D) néctar de tuna con trozos de <i>Aloe vera</i> Zannia	15
<b>Figura 8.</b> Diagrama de proceso de elaboración de néctar de tuna al 6-10 % (p/v) de sacarosa	19
<b>Figura 9.</b> Diagrama de proceso de elaboración de la jalea de tuna	25
<b>Figura 10.</b> Néctar de tuna F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana) y F2 (7 % p/v de sacarosa)	42
<b>Figura 11.</b> Porcentaje de transmisión y retrodispersión de luz de la formulación de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa)	43
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de transmisión y retrodispersión de luz de la formulación de néctar de tuna F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana)	44
<b>Figura 13.</b> Cinética de índice de estabilidad Turbiscan global (IET) de la muestra de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa)	44
<b>Figura 14.</b> Cinética de índice de estabilidad Turbiscan global (IET) de la muestra de néctar de tuna F2Gx (7 % p/v sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana)	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación botánica de la tuna alfajayucan	4
<b>Tabla 2.</b> Formulaciones para jalea de tuna % (p/v)	23
<b>Tabla 3.</b> Formulaciones preliminares de néctar de tuna % (p/v)	26
<b>Tabla 4.</b> Evaluación de parámetros fisicoquímicos en las formulaciones de néctar de tuna con diferente contenido de azúcar	26
<b>Tabla 5.</b> Evaluación de parámetros fisicoquímicos de las formulaciones de néctar de tuna 7 % (p/v) de sacarosa con y sin goma xantana durante el almacenamiento	35
<b>Tabla 6.</b> Evaluación de parámetros de color de las formulaciones de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa) y F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % p/v de goma xantana)	40
<b>Tabla 7.</b> Evaluación de parámetros fisicoquímicos en las formulaciones de la jalea de tuna	47

# I

## INTRODUCCIÓN



# 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de la tuna representa una oportunidad de desarrollo económico significativo para los agricultores hidalguenses, dado que se trata de una especie endémica que se adapta favorablemente a las condiciones climáticas de la zona centro de México. Numerosas investigaciones respaldan los beneficios nutricionales de la tuna, destacando su alto contenido de fibra soluble, que es recomendable para la salud gastrointestinal y cardiovascular (Mahmood, 2021; Garduño et al., 2023). Además, la tuna posee una variedad de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, lo que subraya su potencial como alimento funcional. A pesar de la disponibilidad y asequibilidad de esta fruta, su demanda en el mercado es insuficiente debido a diversos factores (sabor, textura, temporalidad, entre otros). Esta situación se ve agravada por las importantes pérdidas registradas en la postcosecha, haciendo indispensable el procesamiento de la tuna para reducir dichas pérdidas y aumentar su vida útil (Ocampo et al., 2017). El objetivo principal de esta investigación fue mejorar la aceptabilidad sensorial de néctar y jalea elaborados a partir de tuna cultivada en Tornacuxtla, Hidalgo. Estas mejoras buscan elevar el valor agregado de los productos elaborados y comercializados por una cooperativa de productores hidalguenses. Mediante la implementación de técnicas de procesamiento optimizadas y la estandarización de parámetros fisicoquímicos, se espera que los productos resultantes no solo sean más atractivos para los consumidores, sino que también cumplan con estándares de calidad más altos. Los resultados obtenidos de este estudio permitirán determinar las condiciones óptimas de procesamiento y los parámetros fisicoquímicos estándar para la elaboración de productos derivados de tuna, contribuyendo así a mejorar su calidad y, como consecuencia, impulsar la competitividad económica de los pequeños y medianos productores. El incremento de la aceptabilidad sensorial y la calidad fisicoquímica de los derivados de tuna no solo tiene el potencial de aumentar la demanda y reducir las pérdidas postcosecha, sino que también puede desempeñar un papel crucial en el fortalecimiento económico y social de las comunidades rurales de Hidalgo.

# 2

## MARCO TEÓRICO



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Generalidades de la tuna

#### 2.1.1. Origen, distribución y usos de la tuna

La tuna es el fruto del nopal, una planta originaria de las regiones áridas y semiáridas de América, con una especial prevalencia en México y el suroeste de los Estados Unidos (Fig. 1). Hoy en día se encuentra en una amplia variedad de condiciones agroclimáticas, tanto en forma silvestre como cultivada, en todo el continente americano. Su distribución abarca desde Canadá hasta Chile, incluyendo países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Estados Unidos, México, Perú, Venezuela y varios países de América Central y el Caribe. Esta planta también se ha difundido a otros continentes, como África, Asia, Europa y Oceanía (Paucara-Condori, 2017).

La tuna fue introducida en España desde México y se distribuyó por toda la cuenca del Mediterráneo, estableciéndose en lugares como Sevilla o Cádiz, puntos terminales de los viajes a las Indias. Actualmente, los nopales existen en forma silvestre o cultivada en el sur de España y en toda la cuenca del Mediterráneo, incluyendo Francia, Grecia, Italia, Turquía e Israel. En países como Italia, España y Marruecos, la tuna se adaptó bien a los climas cálidos y secos, convirtiéndose en una parte importante de la flora local. Los árabes llevaron la tuna desde España a África, donde se difundió en países como Argelia, Egipto, Eritrea, Etiopía, Libia, Marruecos y Túnez (Nefzaoui, 2018).

En otros continentes, la tuna se encuentra en Angola, Sudáfrica, Australia e India. Estas regiones, muchas de ellas con vastas áreas áridas y semiáridas, han adoptado la tuna por su capacidad para prosperar en condiciones ambientales restrictivas ya que la planta de nopal se adapta particularmente bien a las condiciones extremas de sequía gracias a su capacidad de almacenar agua en sus tallos aplanados, llamados cladodios. En Sudáfrica y Australia, la tuna se estableció rápidamente, convirtiéndose en una planta invasora en algunos casos (Nefzaoui, 2018).

Desde tiempos prehispánicos, los pueblos indígenas de Mesoamérica han cultivado y utilizado la tuna tanto como alimento básico como por sus propiedades medicinales. En la actualidad, la tuna se cultiva en muchas regiones del mundo no solo por sus frutos comestibles, sino también por su uso en la producción de cosméticos, colorantes naturales y forraje para el ganado (Stavi,

2022). La expansión de la tuna a nivel mundial también ha fomentado el intercambio de conocimientos y técnicas de cultivo, beneficiando tanto a agricultores como a consumidores.

La tuna sigue siendo de gran importancia cultural y económica en muchas regiones. En México, por ejemplo, se celebra anualmente la Feria Nacional de la Tuna, que destaca su relevancia en la agricultura local y en la gastronomía (Muñoz, 2024). Además, la tuna ha ganado reconocimiento internacional por sus beneficios y versatilidad. La producción de tuna no solo contribuye a la economía rural, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles y la conservación de ecosistemas áridos.



**Figura 1.** Planta de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

Fuente: CONABIO (2009)

### 2.1.2. Clasificación botánica y composición química

La tuna pertenece al género *Opuntia* de la familia de las cactáceas. Este género se caracteriza por tener tallos aplanados y segmentados conocidos como cladodios, los cuales son comúnmente llamados "nopales". Las hojas de la tuna son pequeñas y temporales, y su función principal es proteger las yemas en crecimiento. Las flores son grandes, vistosas y pueden ser de diversos colores como amarillo, rojo, y anaranjado. Estas flores se transforman en frutos comestibles que varían en color desde verde hasta rojo y morado, dependiendo de la especie y la variedad (Fig. 2). Los frutos son de forma oval o periforme, que alcanzan entre 5 y 10 cm de longitud y entre 4 y 8 cm de diámetro, además de estar cubiertas de pequeñas espinas en la epidermis y de contener numerosas semillas. Su pulpa es jugosa y dulce, presentando una variedad de colores como blanco, amarillo, rojo o púrpura, dependiendo de la especie (Garduño et al., 2023). El género *Opuntia* incluye numerosas especies, entre las más conocidas se encuentran *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia stricta*, y *Opuntia humifusa*. Cada especie de tuna tiene características particulares en cuanto a tamaño, forma y sabor de los frutos, así como en la morfología de los nopales. La diversidad genética dentro del género *Opuntia* es considerable, lo que ha llevado a su clasificación en varios subgéneros y secciones.

En México hay una amplia diversidad de tunas, con ocho variedades reconocidas (alfajayucan, amarilla, blanca burrón, blanca cristalina, criolla, pico chulo, roja y xoconostle), según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) en 2020. En la Tabla 1 se muestra la clasificación botánica de la tuna Alfajayucan.

**Tabla 1.** Clasificación botánica de la tuna alfajayucan

Clasificación	Tuna blanca
Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Género	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill
Nombre Binomial	<i>O. incarnadilla</i> griffiths



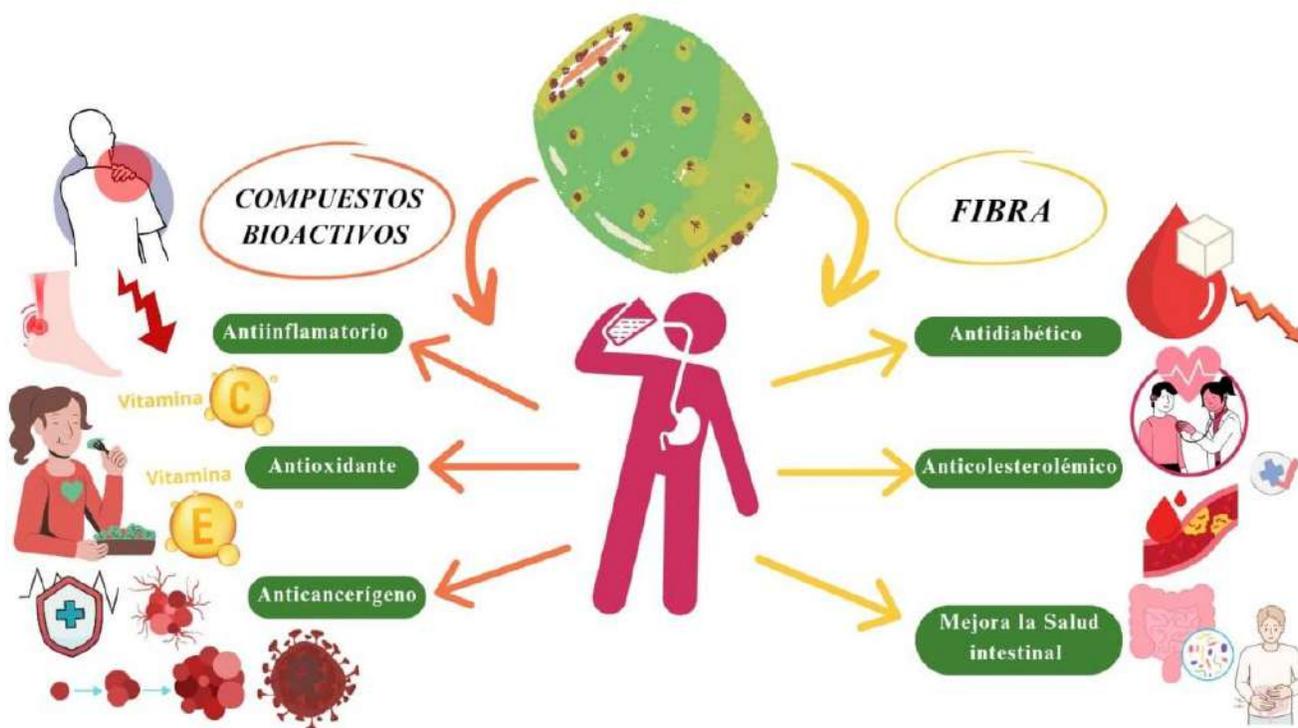
**Figura 2.** Variedades de tuna (alfajayucan, amarilla, blanca burrón, blanca cristalina, criolla, pico chulo, roja y xoconostle)

Fuente: Elaboración propia con información de SADER (2020)

### 2.1.3. Propiedades nutricionales y efectos benéficos del consumo de tuna

La tuna, como fruto del nopal, comparte propiedades nutricionales similares a las del nopal mismo. Además de su contenido en fibra y pectina, la tuna es una fuente significativa de compuestos bioactivos beneficiosos para la salud, incluyendo vitamina C, vitamina E, pigmentos y polifenoles (Sumaya-Martínez et al., 2010; Mahmood, 2021; Garduño et al., 2023). Estos compuestos han sido asociados con diversas propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas, lo que subraya su potencial como alimento funcional.

Entre los principales beneficios reportados del consumo de tuna (Fig. 3) se incluyen su capacidad hipoglicemiante debido al contenido de fibra que puede retardar la absorción del azúcar en la sangre. La fibra también puede mejorar la salud gastrointestinal, al ser un prebiótico regula, previene y mejora el sistema inmune reforzando la microbiota intestinal. La salud cardiovascular también puede verse beneficiada debido a la capacidad de la fibra soluble para reducir los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre. Además, se ha observado que los antioxidantes presentes en la tuna pueden ayudar a combatir el estrés oxidativo y proteger las células contra el daño causado por los radicales libres, teniendo por lo tanto un potencial efecto anticancerígeno (Sumaya-Martínez et al., 2010; Mahmood, 2021; Garduño et al., 2023).

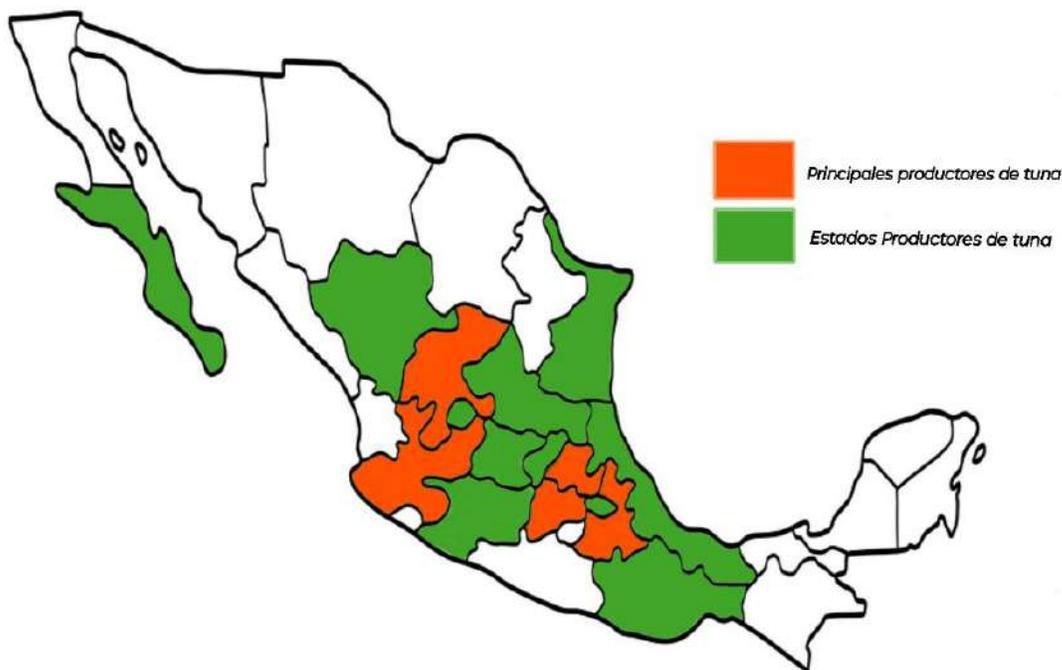


**Figura 3.** Beneficios del consumo de tuna

Fuente: Elaboración propia con información de Sumaya-Martínez et al., 2010; Mahmood, 2021 y Garduño et al., 2023

### 2.1.4. Producción y comercialización de la tuna en México

En 2022, el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) registró que México cuenta con 16 estados productores de tuna (Fig. 4), destacándose entre ellos el Estado de México, Puebla, Jalisco, Zacatecas e Hidalgo. En 2023, Puebla y el Estado de México se posicionaron como los principales productores de tuna, con una producción conjunta de 154,978 toneladas. El periodo de julio a octubre se identificó como la temporada de cosecha con mayor producción. A nivel nacional, la producción de tuna está dominada por la tuna amarilla, que representa el 96.64 %, seguida por la tuna roja con el 1.91 % y la tuna blanca con el 1.45 % (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023).

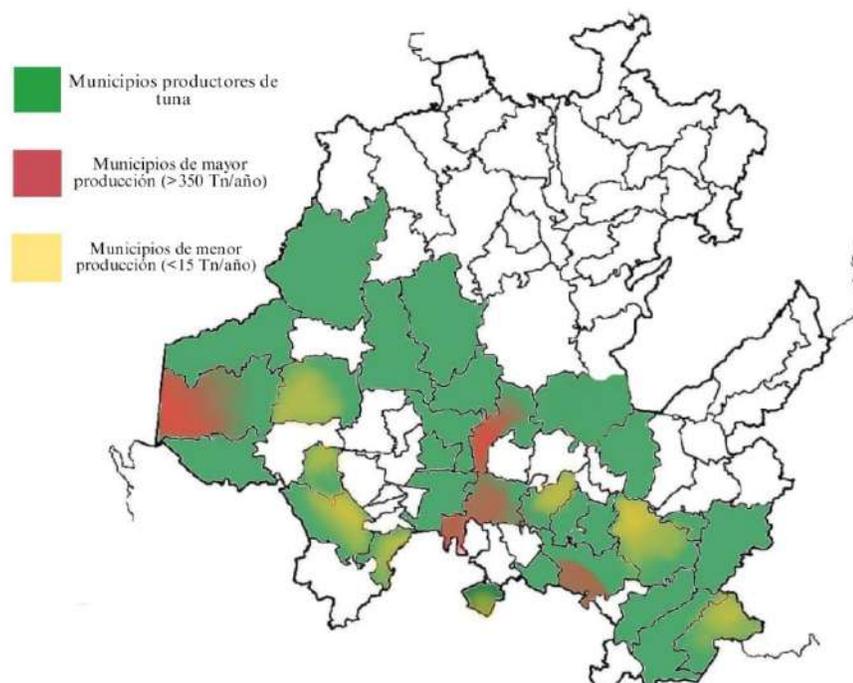


**Figura 4.** Estados productores de tuna en México

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2022)

Hidalgo, por su parte, contribuye significativamente a esta producción con al menos 11,994 toneladas anuales, lo que equivale al 62 % de la producción nacional total. El Valle del Mezquital, la principal región productora en Hidalgo, aporta más del 60 % de esta producción, destacándose principalmente por el cultivo de tuna blanca y amarilla (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). Según las estadísticas del SIAP, Hidalgo ocupó el quinto lugar en producción de tuna en 2022, alcanzando un total de 15,915 toneladas anuales. La Figura 5 muestra los principales municipios productores de tuna en el estado, entre los que destacan Zempoala (658 Tn), San Agustín Tlaxiaca (494.5 Tn), Actopan (361 Tn) y Huichapan (350 Tn) (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022). En cuanto a la comercialización de la tuna, el SADER (2020) reportó que en 2019 México exportó 17,311 toneladas de esta fruta. Además, según el análisis de mercado del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego de Perú (2021), en México en el año 2020 las exportaciones alcanzaron las 22,065 toneladas, dirigidas principalmente a países como Estados Unidos, Francia, Japón, Canadá, Reino Unido, Chile y Emiratos Árabes Unidos. Estas exportaciones reflejan una creciente demanda internacional por productos derivados de la tuna, impulsada por su valor nutricional y sus aplicaciones en diversas industrias alimentarias y farmacéuticas.

En el caso específico de Hidalgo, aunque aún no se dispone de cifras exactas sobre las toneladas exportadas en el último año, el SIAP (2022) menciona que la comercialización se concentra principalmente con el Estado de México, Querétaro, Michoacán y San Luis Potosí. Estos mercados regionales son fundamentales para la distribución y venta de la tuna producida en Hidalgo, contribuyendo así a la economía local y regional mediante la generación de empleo y el impulso de la actividad económica en las zonas productoras.



**Figura 5.** Municipios productores de tuna en Hidalgo

Fuente: Elaboración propia con información del SIAP (2022)

## 2.2. Ventajas ambientales y socioeconómicas del cultivo y comercialización de tuna y productos derivados

El cultivo de la tuna ofrece varias ventajas significativas. Los cactus, incluyendo las plantas de nopales, son bien conocidos por su capacidad para evitar la erosión del suelo. Sus raíces profundas y extensas ayudan a estabilizar el suelo y prevenir la pérdida de nutrientes, lo que es especialmente beneficioso en regiones áridas y semiáridas. Además, los nopales requieren menos agua en comparación con otros cultivos, lo que los convierte en una opción sostenible en áreas con escasez de agua. Este tipo de agricultura contribuye a la conservación del medio ambiente y promueve prácticas agrícolas sostenibles (Nefzaoui, 2018 y Stavi, 2022).

En México, el cultivo de la tuna es importante ya que se cuenta con al menos veinte mil productores de tuna, quienes producen alrededor de 352,000 toneladas anuales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). En el estado de Hidalgo, los cultivos de tuna tienen una gran importancia social y económica. Más de 4,000 productores dependen de este cultivo, el cual genera aproximadamente 71.8 millones de pesos en derrama económica anual (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2022).

El mayor volumen de comercialización de la tuna se realiza en fresco y de varias formas. Según Ocampo et al. (2017), la comercialización a pie de huerta implica transacciones basadas en la producción estimada antes de la cosecha, utilizando recipientes plásticos con un peso promedio de 20 kg. Esta modalidad es ventajosa para los productores que no tienen la capacidad de inversión para cosechar, seleccionar la fruta por tamaño y calidad, y movilizar su producción. Sin embargo, presenta la desventaja de obtener menores precios y ganancias en comparación con el mercado tradicional.

Algunos productores trasladan su producción al estado de Querétaro, donde pueden obtener mejores precios por su producto. Además, se comercializan las tunas directamente con el consumidor final, eliminando la intermediación y aumentando las ganancias. Una práctica común incluye la venta de las frutas a pie de carretera en cajas de 20 o 40 kilos, o en la central de abastos en volúmenes variables según la demanda del consumidor.

Por otro lado, el apoyo gubernamental para los municipios productores de tuna juega un papel crucial en el desarrollo del sector. Programas como Procampo que beneficia al 90 % de las unidades económicas rurales, es el que más contribuye mientras que el programa de atención a problemas estructurales beneficia al 22 %. Estos programas no solo apoyan la producción, sino que también fortalecen la economía local y regional (Ocampo et al., 2017).

El cultivo y comercialización de la tuna no solo beneficia económicamente a los productores, sino que también promueve prácticas agrícolas sostenibles y contribuye a la conservación del medio ambiente mediante la prevención de la erosión y el uso eficiente del agua. Sin embargo, para maximizar estos beneficios económicos y ambientales, es crucial implementar prácticas eficientes de procesamiento y comercialización de productos elaborados a base de tuna.

Los productos derivados de la tuna son variados y tienen aplicaciones extensas en la industria alimentaria y farmacéutica. Incluyen dulces, harinas, jugos, mermeladas, salsas, jaleas, néctares, aguardiente y licores, entre otros. Las propiedades antioxidantes, anticarcinógenas y antivirales de la tuna también la hacen valiosa en la elaboración de medicinas (Sumaya-Martínez et al., 2010; Garduño et al., 2023). El procesamiento adecuado no solo ayuda a agregar valor a la fruta y diversificar su uso en diversos productos alimentarios y farmacéuticos, sino que también reduce significativamente las pérdidas económicas por deterioro de la fruta fresca. Esto no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también fortalece la economía local y regional al crear nuevas oportunidades de empleo y desarrollo de negocios en las comunidades rurales donde se cultiva la tuna.

### **2.3. Productos a base de tuna**

Los alimentos de origen vegetal, debido a su alto contenido de agua y a las reacciones bioquímicas que ocurren durante la etapa de postcosecha, requieren un método de conservación para evitar su rápida descomposición. Sin embargo, en el caso de la tuna, este deterioro no se atribuye a sus propiedades fisicoquímicas, sino a factores ambientales adversos, como daños fisiológicos y mecánicos durante la cosecha (León-Sánchez, 2010).

En cada cosecha de tuna, existe una cantidad considerable que no logra venderse o exportarse debido a deficiencias en la calidad del producto, atribuibles al ciclo de vida corto de esta fruta. Otros factores que contribuyen a las pérdidas en el cultivo de tuna son las condiciones climáticas y la presencia de plagas como el barrenador, grana cochinilla y araña roja (Hernández, 2021). Según datos del SIAP, las pérdidas a nivel nacional han mostrado un incremento significativo (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2020). Muchos productores de tuna han incorporado valor agregado mediante la elaboración de jaleas, ates, mermeladas y otras conservas que extienden la vida útil del producto, lo cual contribuye a reducir las pérdidas de esta fruta (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). En la Figura 6 se presenta una clasificación de los principales tipos de productos a base de tuna y su definición. Los fundamentos de los métodos de conservación se basan en las características del proceso como uso de altas temperaturas para disminuir o eliminar la carga microbiana (Cabrera-García, 2021), adición de solutos como el azúcar para disminuir la actividad de agua y crear un ambiente bacteriostático como en el caso de la jalea y ate (Mendoza-Soto, 2014), fermentación y extracción de componentes por medio de la

adición de etanol para lograr conservar pigmentos y compuestos volátiles como en el caso de licor de frutas (García-Curiel et al., 2024).

El origen de muchos de estos productos data de hace siglos, muchos de estos productos son reflejo de la tradición y cultura gastronómico de México (Aguilar-Hernández et al., 2024). Es posible que exista una variedad de propiedades y atributos no muy bien definidos debido a que su elaboración está centrada en la categoría de productos artesanales. Sin embargo, para mejorar su comercialización es necesario implementar controles de calidad durante su elaboración (Cabrera-García, 2021; García-Curiel et al., 2024).



**Figura 6.** Productos a base de tuna

Definido por: A y B) Codex Alimentarius, 2009, C) Real Academia Española, 2023, D) Codex Alimentarius, 2005, E) Codex Alimentarius, 2009 y F) Secretaría de Economía, 2017 (NOM-199-SCFI-2017)

## 2.4. Revisión de la literatura sobre productos elaborados a base de tuna

En el ámbito del desarrollo y producción de alimentos derivados de la tuna, se han llevado a cabo investigaciones orientadas a prolongar la vida útil del producto, mejorar su aceptabilidad sensorial

y resaltar sus propiedades como alimento funcional. A continuación, se presentan los resultados más relevantes de investigaciones recientes, organizados por categoría de producto.

## **Néctar**

Mendoza-Soto (2014) desarrolló tres formulaciones de néctar de tuna endulzado con stevia, variando la concentración del edulcorante. En este estudio, al igual que en el de Pisco y López (2023), se llevaron a cabo pruebas hedónicas con 30 jueces semi-entrenados, quienes evaluaron los atributos de olor, color y sabor. La formulación de néctar endulzado al 0.5 % obtuvo la mayor aceptabilidad en los tres atributos evaluados, siendo seleccionada como la más preferida. La formulación endulzada al 1 % ocupó el segundo lugar, destacándose especialmente en el atributo de olor. En contraste, el néctar endulzado al 1.5 % resultó ser el menos aceptable entre los panelistas. La mayoría de los productos desarrollados hasta ahora se centran en alimentos tipo gel reducidos en azúcar, en respuesta a regulaciones como la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, que busca minimizar el uso de sellos de advertencia por exceso de nutrimentos críticos, afectando así la percepción y aceptabilidad del producto.

Ureta (2020) llevó a cabo pruebas sensoriales con tres formulaciones de néctar de tuna, utilizando diferentes diluciones de pulpa de tuna y agua en proporciones de 1:1, 1:2 y 1:3. A través de una prueba hedónica con 12 jueces semi-entrenados, se evaluaron atributos como sabor, color y olor. La formulación con una dilución de 1:3 de pulpa de tuna/agua fue la más aceptada en todos los atributos evaluados. Esta misma muestra fue sometida a una evaluación fisicoquímica, obteniendo resultados de pH de 3.9, °Brix de 12.6 y una acidez de 0.38 % de ácido cítrico. Estos resultados indican que el néctar de tuna con la dilución de 1:3 de pulpa de tuna/agua cumple con los estándares de seguridad y calidad recomendados para este tipo de producto.

Pisco y López (2023) realizaron evaluaciones sensoriales de néctar de tuna con extracto de maracuyá, utilizando tres formulaciones con diferentes concentraciones de pulpa de tuna (30, 35 y 40% v/v). A través de una prueba hedónica con 52 panelistas de entre 16 y 65 años, se evaluaron atributos como color, olor, sabor y viscosidad. La formulación con 40% (v/v) de pulpa obtuvo las puntuaciones más altas en todos los atributos evaluados, destacándose con una media de 6.71 para el color, 6.50 para el olor y 6.35 tanto para el sabor como para la viscosidad, siendo seleccionada como la más preferida. Posteriormente, a la muestra preferida se le realizaron pruebas

fisicoquímicas, obteniendo resultados de pH de 2.83, °Brix de 4.4 y una acidez de 0.16% de ácido cítrico. Estos resultados garantizan la seguridad y calidad del producto.

### **Mermelada**

Tonini (2015) llevaron a cabo evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de tres formulaciones de mermelada de tuna: verde, roja y anaranjada. Las evaluaciones sensoriales se realizaron mediante una prueba hedónica con una escala de cinco puntos con 80 panelistas, donde se evaluaron atributos como apariencia, color, sabor, textura, olor y consistencia. La mermelada de tuna roja fue la más aceptada, con un 78 % de los jueces prefiriéndola por su aspecto y un 87 % por su color. En cuanto a textura, sabor y consistencia, más del 70 % de los jueces seleccionaron la mermelada roja como la más favorable, mientras que la mermelada verde recibió opiniones menos favorables en estos aspectos. Respecto a la mermelada anaranjada, el 59 % de los jueces evaluó desfavorable su consistencia. En términos de olor, el 55 % de los jueces prefirió tanto la mermelada roja como la anaranjada y en esta investigación, la mermelada de tuna roja fue la más aceptada, seguida por la mermelada anaranjada. Los resultados obtenidos en las pruebas fisicoquímicas para las mermeladas de tuna roja, anaranjada y verde mostraron valores de pH de 3.9, 3.8 y 3.85, respectivamente, con una acidez de 2.5, 2.35 y 2.2 % de ácido cítrico, y °Brix de 69.5, 68 y 69, respectivamente. Las pruebas microbiológicas de las tres muestras de mermelada indicaron la ausencia de microorganismos como coliformes totales, mesófilos aerobios, mohos y levaduras, determinando que el producto es apto para el consumo bajo las condiciones de elaboración y conservación descritas por Tonini (2015).

### **Dulces y/o caramelos**

Abu-shama et al. (2022) desarrollaron dos formulaciones de caramelos a base de pulpa de tuna roja y amarilla utilizando porcentajes constantes de pulpa (60.3 %), sacarosa (30.3 %), ácido cítrico (0.3 %) y grenetina (9.1 %). Los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales no mostraron diferencias significativas entre ambas formulaciones, concluyendo que ambas eran adecuadas para la elaboración de caramelos, aumentando así el valor agregado del producto.

## Gelatina

Chacón-Garza et al. (2019) llevaron a cabo evaluaciones sensoriales de gelatinas de tuna roja y verde, utilizando azúcar y stevia como edulcorantes en cuatro formulaciones diferentes. Las gelatinas de tuna roja con azúcar y stevia fueron las preferidas por los jueces en términos de apariencia, color, consistencia y sabor, debido a su contenido más alto de monosacáridos como glucosa y fructosa, lo cual influyó positivamente en la aceptación del producto por parte de los consumidores.

Por otro lado, Joshi et al. (2020) desarrollaron dos formulaciones de gelatina de tuna blanca utilizando grenetina y pectina como gelificantes. Comparativamente, la gelatina con grenetina demostró superioridad en apariencia, aroma, sensación en boca y aceptabilidad general. Los análisis fisicoquímicos indicaron que la gelatina con grenetina presentó mayor actividad de agua, humedad y pH, mientras que la gelatina con pectina mostró mayor acidez y SST, aspectos cruciales para estabilizar alimentos tipo gel.

A pesar de la variedad limitada de productos comerciales elaborados a base de tuna, algunas marcas mexicanas y peruanas han incursionado en su elaboración y distribución. Por ejemplo, en México, Nopalissimo® elabora productos a base de nopal y tuna. La mermelada de tuna de esta marca contiene 48 % de fruta y se endulza con jarabe de agave (Nopalissimo., s.f.). La marca Suculenta® ofrece agua de tuna con 35 % de fruta, que incluye ácido cítrico, estabilizantes como goma xantana, dextrosa, celulosa, ácido láctico, ácido málico y kanamicina (Suculenta., s.f.).

En Perú se encuentran dos empresas que elaboran néctar de tuna. Ecofresh, que comercializa jugos y néctares, ofrece un néctar de tuna con piña bajo en calorías elaborado con 100 % de fruta fresca. Por otro lado, la empresa Zannia elabora un néctar de tuna con cristales de aloe vera, sin azúcar, conservadores ni saborizantes adicionales. En la Figura 7 se muestran los productos comerciales derivados de tuna mencionados anteriormente.



**Figura 7.** Marcas comerciales de productos a base de tuna: A) mermelada de tuna Nopalissimo, B) agua de tuna Suculenta, C) néctar de tuna con piña Ecofresh, D) néctar de tuna con trozos de *Aloe vera* Zannia

Además de estas empresas, hay cooperativas que elaboran productos de tuna de forma artesanal, distribuyéndolos localmente en mercados, ferias y bazares, incluyendo algunos de tipo orgánico. Sin embargo, la mayoría de estos productos carecen de control de calidad, inocuidad e innovación en su desarrollo para mejorar su calidad fisicoquímica, microbiológica, y la aceptabilidad sensorial.



OBJETIVOS



## 3. OBJETIVOS

### 3.1. Objetivo general

Incrementar la aceptabilidad sensorial y la calidad fisicoquímica de néctar y jalea de tuna producidas por una cooperativa en el Valle del Mezquital, Hidalgo, mediante la reformulación de sus productos con el fin de elevar su valor agregado y fortalecer la competitividad económica de los pequeños y medianos productores de la región.

### 3.2. Objetivos específicos

1. Formular un néctar de tuna ajustando el contenido de sacarosa y utilizando un agente estabilizante, tomando como base la formulación elaborada por la cooperativa, con el fin de mejorar su estabilidad y perfil sensorial.
2. Analizar los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones propuestas de los productos derivados de tuna, empleando técnicas oficiales de análisis, para evaluar su conformidad con estándares de calidad.
3. Evaluar el nivel de dulzor y la textura del néctar de tuna mediante pruebas sensoriales de preferencia para determinar la formulación más aceptada por los consumidores.
4. Monitorear la calidad fisicoquímica y microbiológica del néctar de tuna durante su almacenamiento, de acuerdo con normativas nacionales e internacionales, para asegurar su inocuidad y estabilidad durante el almacenamiento.
5. Ajustar los parámetros de dulzor, acidez y viscosidad en la formulación de la jalea de tuna artesanal, mediante una comparación con lo establecido en la literatura y las normativas de productos comerciales, con el objetivo de mejorar su aceptabilidad sensorial y calidad.
6. Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la jalea de tuna reformulada, utilizando técnicas oficiales de análisis, para garantizar que cumpla con los criterios de calidad e inocuidad establecidos para este tipo de producto.



METODOLOGÍA

4

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. Obtención de la muestra

La pulpa de tuna utilizada en este trabajo fue proporcionada por la cooperativa Pacha Verde, situada en Tornacuxtla, Hidalgo. Las muestras fueron recibidas en el laboratorio de Tecnología de Alimentos 1, ubicado en el edificio de Química en Alimentos de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en recipientes de plástico con una capacidad de 20 litros, cerrados herméticamente. Al momento de su recepción, cada recipiente fue etiquetado y almacenado en una cámara de congelación a temperaturas entre 0°C y -28°C, hasta su posterior utilización en el estudio.

### 4.2. Preparación y ajuste de la formulación de néctar de tuna

#### 4.2.1. Formulaciones preliminares

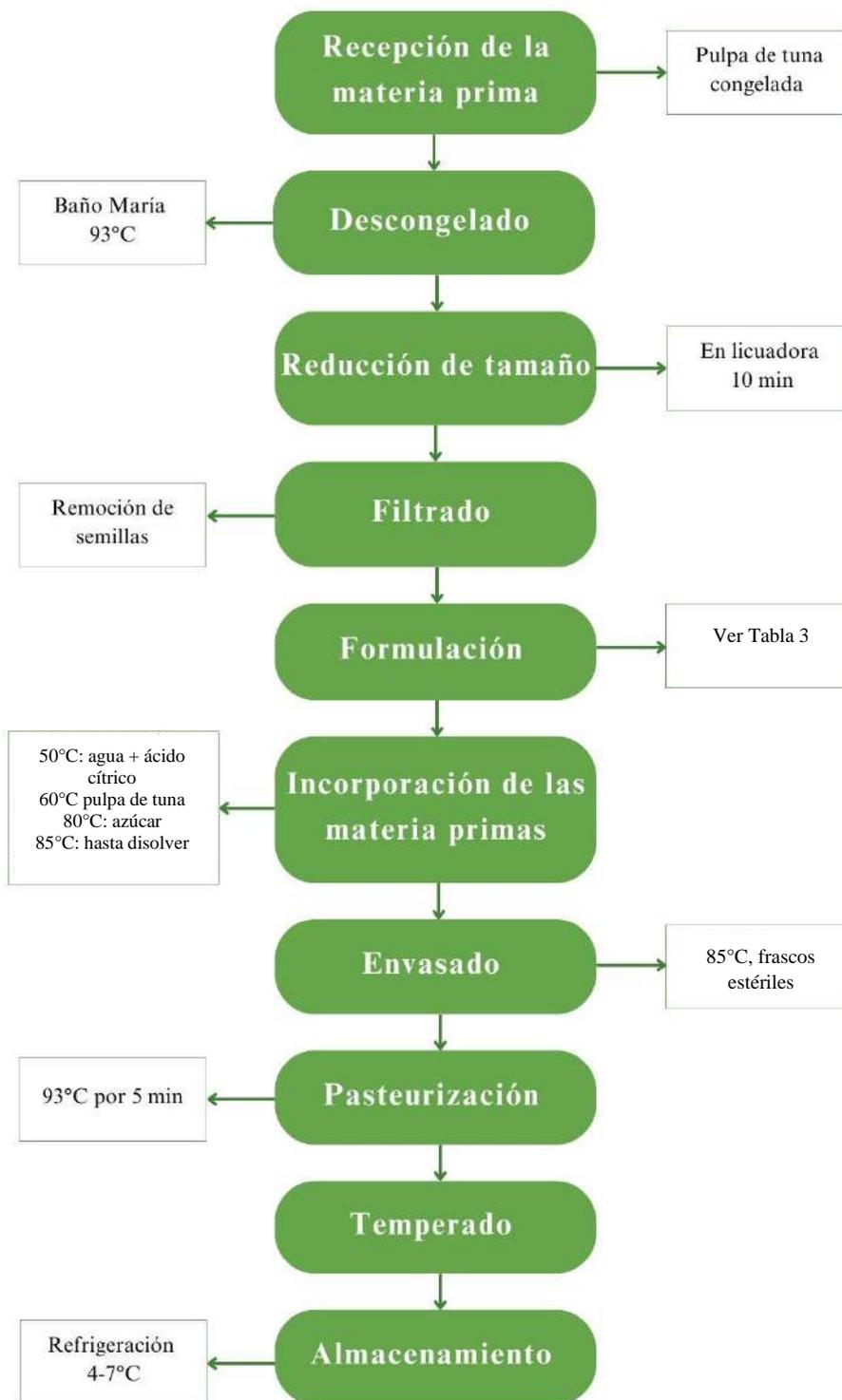
Para la elaboración del néctar de tuna, se empleó una formulación base proporcionada por la cooperativa Pacha Verde, la cual consistió en una mezcla que contenía un 30 % (p/v) de pulpa de tuna. De acuerdo a la información revisada en la literatura se propusieron cinco formulaciones (F1-F5) con variaciones en el contenido de sacarosa (6 al 10 % p/v). Cada formulación incluyó agua, pulpa de tuna, azúcar y ácido cítrico.

#### 4.2.2. Elaboración de néctar de tuna

El proceso de elaboración de las cinco formulaciones preliminares de néctar de tuna (F1-F5) se muestra en la Figura 8 y se llevó a cabo a nivel de laboratorio, siguiendo las buenas prácticas de manufactura establecidas por la NOM-120-SSA1-1994 para minimizar los riesgos de contaminación. Para comenzar, se procedió al descongelado de la pulpa de tuna en un baño maría. Una vez descongelada, la pulpa se homogeneizó (licuadora Oster®, nivel 3) durante 10 segundos para obtener un líquido uniforme el cual se filtró utilizando un colador de acero inoxidable para separar los residuos de las semillas. Los ingredientes requeridos para cada formulación se pesaron con una balanza analítica (Precisa ES 220A) y se midieron según las especificaciones detalladas en la Tabla 3. En una olla de acero inoxidable de 5 litros, se calentaron 700 mL de agua hasta 50°C y se añadieron 1.5 gramos de ácido cítrico, mezclando bien la solución. Al llegar a 60°C, se incorporaron 300 mL de pulpa de tuna, y se agitó continuamente hasta alcanzar 80°C. En este punto, se añadió el azúcar conforme a la formulación y se continuó removiendo hasta su completa disolución. La mezcla se retiró del

---

calor a 85°C y se procedió al envasado en frascos de vidrio esterilizados previamente. Cada formulación de néctar se pasteurizó a 93.3°C durante 5 minutos. Una vez enfriados a temperatura ambiente, los néctares se almacenaron en refrigeración a una temperatura de 4°C.



**Figura 8.** Diagrama de proceso de elaboración de néctar de tuna al 6-10 % (p/v) de sacarosa

### 4.2.3. Determinación de parámetros fisicoquímicos

Las formulaciones preliminares (F1-F5) se evaluaron en relación con varios parámetros fisicoquímicos:

- a) Los sólidos solubles totales (SST), expresados como grados Brix ( $^{\circ}$ Brix), se determinaron utilizando un refractómetro digital (Hanna Instruments, Hi96801, Rumania), siguiendo el método AOAC 932.12 (AOAC,1990).
- b) El pH se midió con un potenciómetro (Hanna Instruments, HI 3221, Rumania), conforme al método AOAC 981.12 (AOAC,1990).
- c) El porcentaje de acidez fue determinado mediante titulación con NaOH 0.1 N, según el método AOAC 942.15 (AOAC,1990).
- d) La viscosidad se evaluó utilizando un viscosímetro (Brookfield, DV-III ULTRA, EE. UU.), aplicando el método AOAC 995.10 (AOAC,1990). Para las formulaciones preliminares de néctar (F1-F5), se utilizó una aguja número 4, mientras que para el néctar con y sin goma xantana se empleó una aguja número 2 ambos a una velocidad de 30 rpm. En el caso de la jalea, se utilizó una aguja del número 7 a una velocidad de 30 rpm.

### 4.2.4. Evaluación de la aceptabilidad del néctar de tuna

Para determinar el nivel óptimo de dulzor de las formulaciones de néctar elaboradas (F1-F5), se llevó a cabo una evaluación preliminar con cinco productores de tuna, quienes son expertos en el producto. Se presentaron las cinco formulaciones de néctar de tuna en vasos de plástico número 0. Tras probar las formulaciones, los productores seleccionaron las formulaciones 2 y 3 (con 7 % y 8 % de sacarosa, respectivamente) como las más adecuadas en términos de dulzor. Posteriormente, para determinar el nivel de dulzor óptimo final, se realizó una prueba de preferencia con estas dos formulaciones. El néctar con el nivel de dulzor preferido por los consumidores se preparó en versiones con y sin goma xantana, luego se sometió a una segunda prueba de preferencia para evaluar la textura en boca y determinar cuál de las dos formulaciones era preferida en cuanto a este atributo específico.

El primer estudio de preferencia se realizó en los municipios de San Agustín Tlaxiaca y Cardonal, con la participación de 150 consumidores de tuna de edades comprendidas entre los 15 y 76 años. Cada participante evaluó dos néctares de tuna (F2 y F3), servidos en vasos de plástico número 0 (cero) y codificados con números aleatorios de tres dígitos diferentes

(Meilgaard, Civille y Carr, 1999). Se proporcionaron 30 mL de néctar por cada muestra. Los jueces evaluaron las muestras y expresaron sus preferencias considerando únicamente el nivel de dulzor. La ficha de cata utilizada se muestra en el Anexo 1a.

Una vez obtenidos los resultados, se realizó una segunda prueba en la cual se evaluó la preferencia de acuerdo a la textura del néctar preferido F2 (7 % de sacarosa p/v) y F2Gx (7 % (p/v) de sacarosa + 0.1 % (p/v) de goma xantana). La prueba realizada también consistió en una prueba de preferencia con 150 consumidores de tuna, de edades entre 15-78 años. Se presentaron a los jueces 30 mL de las muestras de néctar F2 y F2Gx, en vasos de plástico del número 0 codificados (Meilgaard, Civille y Carr, 1999). Posteriormente se les indicó que evaluaran las muestras en el orden de presentación y que registraran su preferencia (enfocándose en la textura de las bebidas) en la ficha de cata proporcionada (Anexo 1b).

Para la interpretación de los resultados, se consultó la tabla de significancia para pruebas de dos muestras (Anexo 2) para determinar el mínimo de respuestas coincidentes necesario para establecer una diferencia significativa (al 5 %) en la preferencia entre muestras de acuerdo al número de jueces que participaron en las pruebas (Anzaldúa-Morales, 1994). Además, se realizó un análisis estadístico utilizando la prueba de chi-cuadrada, calculando los valores mediante la ecuación 1 (Ec. 1). De acuerdo con este análisis, si el chi calculado es mayor que el chi crítico, se rechaza la hipótesis nula (H0).

$$(Ec. 1) \quad \chi^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$$\begin{aligned} \chi^2 &= \text{Chi cuadrada} \\ O_i &= \text{Valor observado} \\ E_i &= \text{Valor esperado} \end{aligned}$$

#### 4.2.5. Análisis de calidad de las formulaciones F2 y F2Gx durante el almacenamiento

Los parámetros fisicoquímicos de las muestras F2 y F2Gx se determinaron según se describió en la sección 4.2.3. Además, se incluyó la evaluación del parámetro de color a lo largo del tiempo, siguiendo la metodología descrita por García-Curiel et al. (2023). El color se evaluó mediante análisis de imágenes utilizando una configuración que incluyó una cámara iluminada Redlemon, una cámara semiprofesional Nikon D7500 y una computadora portátil HP. El análisis de las imágenes digitales en cuanto a parámetros de color rojo (R), verde (G) y azul (B) (RGB) se llevó a cabo utilizando el software ImageJ. Posteriormente, los valores se

transformaron a coordenadas en el espacio de color CIELAB utilizando un convertidor de color (Nix Sensor ®).

#### 4.2.5.1. Cinéticas de estabilidad en el sistema de dispersión por transmisión y retro dispersión de luz

La estabilidad de las suspensiones se evaluó utilizando un Turbiscan® (Formulación Smart Scientific Analysis, Francia). Se monitoreó la estabilidad de las muestras de néctar de tuna F2 y F2Gx durante 4 horas a temperatura ambiente. Los valores de TSI (*Turbiscan Stability Index*) se utilizaron como indicadores de la estabilidad de las muestras y se calcularon mediante la ecuación 2 (Ec. 2) utilizando el software proporcionado por el equipo (Monroy-Rodríguez et al., 2021).

$$(Ec. 2) \quad TSI = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X_{BS})^2}{n-1}}$$

$x_i$ : retrodispersión promedio para cada minuto de la medición  
 $x_{BS}$ : media de los valores de  $x_i$  y  $n$  es el número de exploraciones

#### 4.2.5.2. Análisis de calidad microbiológica

La inocuidad de los néctares de tuna F2 y F2Gx se evaluó mediante los siguientes análisis microbiológicos:

- a) Recuento de mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994)
- b) Recuento de microorganismos coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994)
- c) Recuento de bacterias aerobias (NOM-092-SSA1-1994)

Todas las diluciones para el recuento de microorganismos se prepararon siguiendo la metodología establecida en la NOM-110-SSA1-1994, "Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico".

### 4.3. Preparación y estandarización de la formulación de jalea de tuna

#### 4.3.1 Formulación de la jalea de tuna

La jalea de tuna se elaboró a partir de una formulación base proporcionada por la cooperativa Pacha Verde, compuesta por los siguientes ingredientes: 87.8 % (p/v) de pulpa de tuna, 10% de sacarosa, 0.4 % de ácido cítrico y 1.7 % de pectina. Esta formulación se ajustó con el objetivo de

cumplir con los estándares requeridos para ser denominada jalea, incluyendo un mínimo del 60-65 % de sólidos totales, conforme al CODEX STAN 296-2009. En la Tabla 2 se detallan las formulaciones específicas utilizadas para el ajuste de la jalea de tuna.

**Tabla 2.** Formulaciones para jalea de tuna % (p/v)

<b>Ingredientes</b>	<b>J1%</b>	<b>J2%</b>
Pulpa	87.8	77.8
Azúcar	10	20
Pectina	1.8	1.8
Ácido cítrico	0.4	0.4

#### **4.3.2. Elaboración de la jalea de tuna**

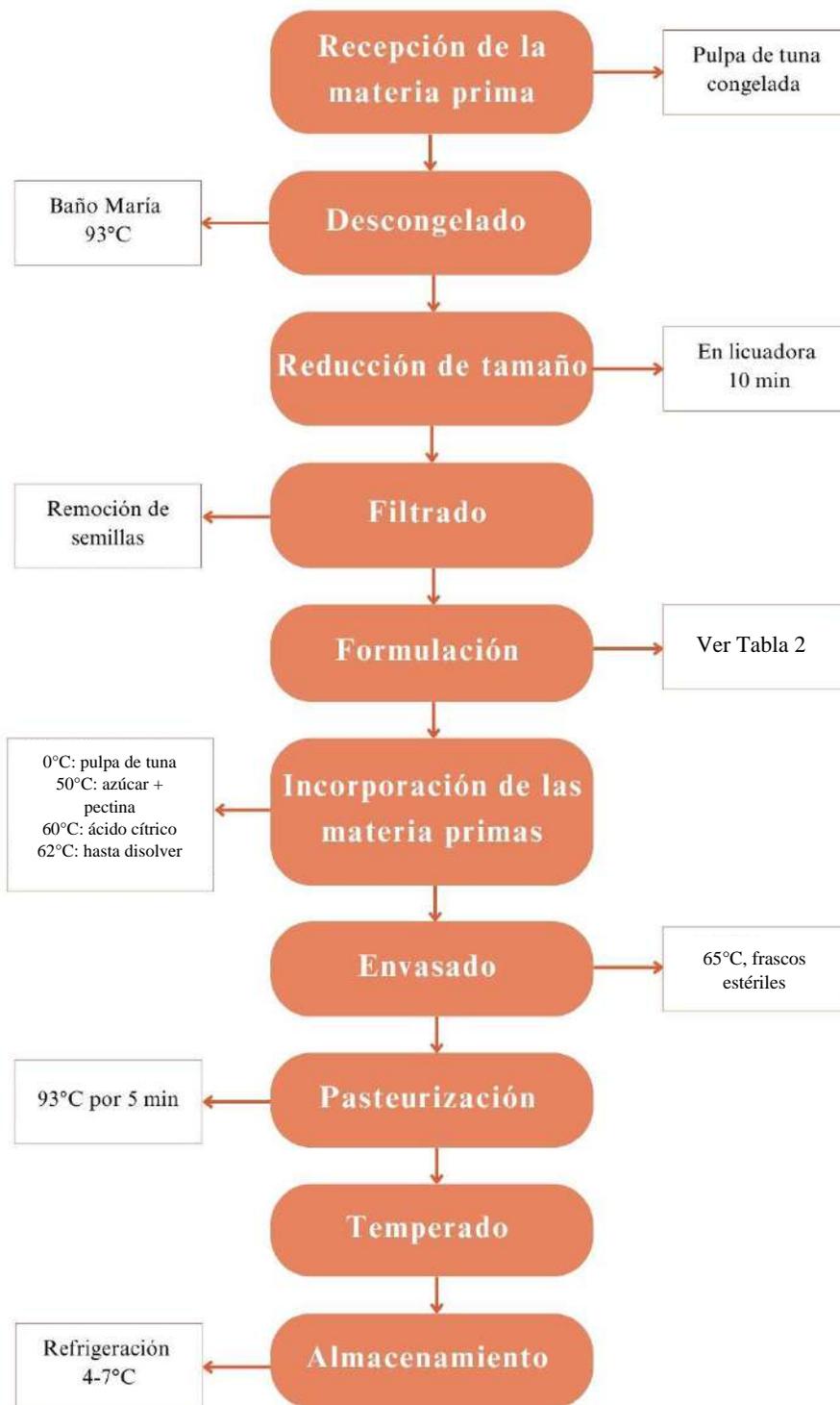
El proceso de elaboración de la jalea de tuna se presenta en la Figura 9. Se realizó a nivel de laboratorio aplicando buenas prácticas de manufactura conforme a la NOM-120-SSA1-1994. Primero, la pulpa de tuna se descongeló en baño maría. Luego, utilizando una licuadora Oster® ajustada al nivel 3, se homogeneizó durante 10 segundos hasta obtener un líquido uniforme, el cual se filtró para separar los residuos de semilla mediante un colador de acero inoxidable. Todos los ingredientes, previamente pesados (balanza analítica Precisa®) y medidos (probeta de vidrio Pyrex de 1 L) según la formulación detallada en la Tabla 2, se añadieron en una olla de acero inoxidable de 5 litros. Se procedió a calentar la pulpa de tuna hasta alcanzar los 50° Brix, momento en el cual se agregó gradualmente una mezcla de pectina (20 g) y azúcar, asegurando una homogenización completa para evitar grumos. A los 60° Brix, se incorporaron 5 gramos de ácido cítrico y la mezcla se retiró del fuego a los 62° Brix para evitar la inversión de azúcares, controlando que la temperatura no superara los 100°C durante todo el proceso.

Una vez preparada, la jalea se envasó en caliente a 65°C en frascos de vidrio esterilizados previamente. Posteriormente, las jaleas se pasteurizaron a 93.3°C durante 5 minutos. Finalmente, los frascos se enfriaron y se almacenaron a temperatura ambiente para su análisis posterior.

---

### **4.3.3. Análisis fisicoquímico de la jalea de tuna**

La evaluación de la calidad fisicoquímica de la jalea se llevó a cabo 28 días después de su elaboración. Los métodos empleados para determinar los parámetros fisicoquímicos estudiados están descritos en la sección 4.2.3.



**Figura 9.** Diagrama de proceso de elaboración de la jalea de tuna

# 5

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Resultados del proceso de formulación y evaluación de la calidad de néctar de tuna

#### 5.1.1. Propuesta de formulaciones

En la Tabla 3 se presentan las concentraciones % (p/v) de agua, azúcar, pulpa de tuna y ácido cítrico empleadas en la preparación de un litro de cada una de las cinco formulaciones preliminares propuestas para el néctar de tuna.

**Tabla 3.** Formulaciones preliminares de néctar de tuna % (p/v)

Ingredientes	F1	F2	F3	F4	F5
Agua	63.9	62.9	61.9	60.9	59.9
Pulpa	30	30	30	30	30
Azúcar	6	7	8	9	10
Ácido cítrico	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14

#### 5.1.2. Análisis fisicoquímico

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las 5 formulaciones de néctar, se presentan en la Tabla 4. Para fines de comparación y discusión de los resultados obtenidos es importante mencionar que la información referente a parámetros fisicoquímicos medidos en néctar de tuna es escasa por lo que en algunos casos se presentan datos de néctares de otras frutas.

**Tabla 4.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos en las formulaciones de néctar de tuna con diferente contenido de azúcar

Formulación	° Brix	pH	Acidez (%)	Viscosidad (cP)
F1	11.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.707 ± 0.04 <sup>c</sup>	20.0 ± 0.0 <sup>a</sup>
F2	13.5 ± 0.0 <sup>c</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.623 ± 0.00 <sup>b</sup>	26.7 ± 0.0 <sup>b</sup>
F3	13.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.607 ± 0.00 <sup>b</sup>	33.3 ± 0.0 <sup>c</sup>
F4	14.1 ± 0.0 <sup>d</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.543 ± 0.02 <sup>a</sup>	76.3 ± 0.0 <sup>d</sup>
F5	15.1 ± 0.0 <sup>e</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.553 ± 0.00 <sup>a</sup>	106.7 ± 0.0 <sup>e</sup>

Los resultados son el promedio de las determinaciones por triplicado ± D.E. Los valores entre cada tipo de formulación correspondientes con diferente letra son diferentes significativamente  $p \leq 0.05$

## **Sólidos solubles totales (°Brix)**

En las cinco formulaciones preliminares de néctar de tuna, se observó un aumento en los SST conforme se incrementaba el contenido de azúcar añadida. La formulación F1, con el menor contenido de azúcar, presentó el valor más bajo de °Brix (11.1 °Brix), mientras que la formulación F5, con el mayor contenido de sacarosa, alcanzó el valor más alto (15.1 °Brix). Estos resultados son consistentes con lo reportado en la literatura científica, donde el contenido de SST está directamente relacionado con el porcentaje de azúcar o edulcorante añadido al producto final.

Ureta (2020), en una investigación sobre néctar de tuna informó un valor de 13.7 °Brix para la pulpa de tuna y 12.6 °Brix para el néctar de tuna elaborado con un 9.28 % de sacarosa añadida y un nivel de dilución 1:3 (pulpa:agua). Asimismo, el estudio de Lamia, Zohuir y Yousef (2018) reveló valores de 14 y 15 °Brix en néctares de tuna elaborados con 35 y 45 % de pulpa de tuna, respectivamente. Los valores obtenidos en la presente investigación (11.1 a 15.1 °Brix) se encuentran dentro de este rango, confirmando que el aumento de SST es un efecto del incremento de la cantidad de azúcar añadida.

En cuanto a la normativa, no existen especificaciones nacionales o internacionales sobre el valor de °Brix que deben presentar los néctares de frutas. Lo que sí se menciona tanto en la norma internacional CODEX STAN 247-2005 sobre jugos y néctares de frutas como en la Norma Oficial Mexicana NOM-173-SE-2021 para jugos, agua de coco, néctares, bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal o fruta u hortaliza y bebidas saborizadas no alcohólicas preenvasadas son los requerimientos mínimos de pulpa o jugo para néctares, con un contenido que varía entre el 25 y el 50 % (v/v) según la fruta utilizada. Sin embargo, la tuna no está mencionada explícitamente en estas normas. Respecto al contenido de azúcares permitidos en los néctares, en México, el Reglamento de Productos y Servicios establece que no debe añadirse más del 20 % de azúcares (sacarosa, glucosa, fructosa o jarabe de almidón) al producto final. Dado que el néctar de tuna se preparó con un 30 % de pulpa y entre 6 y 10 gramos de azúcar, se cumple con las especificaciones establecidas tanto por la NOM-173-SE-2021 como por la norma CODEX STAN 247-2005 en cuanto al contenido de pulpa. Además, los valores de °Brix obtenidos (11.1 a 15.1 °Brix) están dentro del rango aceptable reportado para néctares de otras frutas.

## pH

La medición de pH es un parámetro crucial en la calidad y conservación de productos alimentarios, ya que un pH ácido favorece la estabilidad microbiológica y la preservación del producto. Es importante considerar el estado de madurez en el fruto para considerar que el valor de pH corresponda con el valor de un fruto fresco apto para su procesamiento. En diversas variedades de tuna se ha registrado que el valor de pH puede oscilar entre 3.3 y 6 (Aquino-Bolaños et al., 2011; Oros-Téllez, 2023).

En esta investigación, no se detectaron cambios significativos respecto al valor de pH en las cinco formulaciones de néctar de tuna analizadas, ya que todas mantuvieron un valor constante de 3.5. Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con lo reportado por otros autores. Ureta (2020), al analizar un néctar de tuna, registró un valor de pH de 3.9, mientras que Lamia, Zohuir y Yousef (2018) obtuvieron valores de 3.53 y 3.66 en dos diferentes formulaciones de néctar de tuna estudiadas.

En formulaciones de néctares elaborados con diversas frutas, como pera (Castro et al., 2019), pitahaya, piña y maracuyá (Muñoz-Murillo et al., 2019), se han reportado valores de pH que oscilan entre 3.4 y 3.75, comparables al obtenido para el néctar de tuna. Para ajustar el valor de pH, se pueden incorporar acidulantes en la formulación, los cuales no solo mejoran el sabor, sino que también actúan como conservadores al inhibir la actividad microbiana en un rango de pH ácido (Pérez & Rojas, 2017).

En cuanto a la normativa, el pH de las cinco formulaciones de néctar de tuna cumple con lo establecido por la norma ecuatoriana INEN 2337:2008, la cual especifica que un néctar debe presentar un pH inferior a 4.5 para asegurar su seguridad y estabilidad microbiológica. Por tanto, los resultados de esta investigación confirman que las formulaciones de néctar de tuna cumplen con las normativas de calidad en cuanto al pH, garantizando así su potencial conservación a largo plazo.

## Acidez

En cuanto a la acidez, los resultados obtenidos muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las cinco formulaciones de néctar de tuna, con una tendencia a disminuir a medida que se incrementa el contenido de azúcar añadida. En la Tabla 4 se observa que la formulación F1 (7 % de sacarosa) presenta una acidez de 0.707 %, mientras que la formulación F5 (10 % de sacarosa) muestra una acidez más baja, de 0.553 %. Este comportamiento es consistente con lo reportado en la literatura, donde la acidez tiende a disminuir por la adición de azúcares (Oros-Téllez, 2023), debido a su efecto amortiguador sobre la percepción de la acidez (Jin & Jiang, 2017).

La acidez observada en esta investigación es superior a la reportada en otros estudios sobre néctar de tuna elaborado utilizando diversos edulcorantes, donde se registraron valores de 0.16 a 0.38 % (Chicaiza et al., 2016; Lamia, Zohuir & Yousef, 2018; Ureta, 2020). Este parámetro está influenciado por el estado de maduración del fruto, ya que la acidez tiende a disminuir con el aumento del contenido de azúcares debido a la actividad enzimática que ocurre en etapas avanzadas de madurez (Monroy-Gutiérrez et al., 2017). Sin embargo, un incremento en la acidez durante el periodo postcosecha puede atribuirse a la fermentación de azúcares, lo que podría resultar en un aumento de ácidos orgánicos (Oros-Téllez, 2023). Por lo tanto, es importante considerar las condiciones de almacenamiento antes del procesamiento de la tuna; a temperatura ambiente, la acidez del fruto puede mantenerse estable durante un periodo de hasta 12 días (Monroy-Gutiérrez et al., 2017).

En cuanto a la acidez reportada en néctares de otras frutas, Ávila y Sánchez (2016), al estudiar néctares de tamarindo, registraron valores de acidez entre 0.49 y 0.69 %. Por su parte, Córdova et al. (2023) obtuvieron valores de 0.30, 0.29 y 0.21 % en néctares de mango endulzados con miel de abeja. Estos resultados evidencian una amplia variabilidad en este parámetro, la cual puede atribuirse tanto a la acidez inherente de las frutas utilizadas en la elaboración del néctar como a la proporción de acidulante (generalmente ácido cítrico) utilizado en la formulación (Monroy-Gutiérrez et al., 2017).

La norma ecuatoriana INEN 2337:2008 establece que la acidez en néctares de frutas debe estar entre 0.1 % y 0.6 %, lo que implica que algunas de las formulaciones en este estudio, como F1 y F2, presentan valores ligeramente superiores al rango normativo establecido por ese país. Sin

embargo, las formulaciones con mayor contenido de azúcar (F3 a F5) se encuentran dentro del límite superior permitido por esta normativa asegurando la preservación del producto.

### **Viscosidad**

En cuanto a la viscosidad, las cinco formulaciones de néctar de tuna presentaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), observándose un aumento progresivo de la viscosidad a medida que incrementaba el porcentaje de azúcar añadido. La formulación F5, con un 10 % de sacarosa, presentó la mayor viscosidad (106.7 cP), en contraste con la formulación F1, que contenía solo un 6 % de azúcar y mostró una viscosidad de 20 cP. Este comportamiento es consistente con lo esperado, ya que la adición de azúcares aumenta la concentración de sólidos disueltos, lo que contribuye a un incremento en la viscosidad.

Los valores de viscosidad obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por Ávila y Sánchez (2016) en néctares de tamarindo, así como a los de Vera y Zambrano (2021) en néctares de mezcla de cítricos. Esto se debe en parte a que dichas formulaciones emplearon menores porcentajes de pulpa de fruta, lo que afecta directamente la viscosidad. En las bebidas con menor contenido de pulpa, la viscosidad es más baja, ya que la fibra y los sólidos suspendidos en la pulpa contribuyen a la consistencia más espesa en los néctares.

Por otro lado, se han reportado valores de viscosidad superiores en otras formulaciones de néctares, como el caso de Muñoz-Murillo et al. (2023), que observó un aumento notable en la viscosidad del néctar de pitahaya al incorporar harina de cáscara de maracuyá, con valores de viscosidad hasta tres veces mayores que los registrados en el néctar de tuna con un 10 % de azúcar. Estos resultados destacan la influencia que tienen no solo los azúcares, sino también otros componentes como estabilizantes y fibra añadida, en la viscosidad de las bebidas.

La viscosidad de un néctar es un parámetro fundamental de calidad ya que está directamente relacionado con la percepción sensorial de la textura y consistencia del producto. En comparación con bebidas más ligeras, como jugos o aguas de fruta, es esperable que los néctares, al contener mayor cantidad de pulpa y sólidos, presenten una consistencia más espesa (Mero et al., 2018).

### 5.1.3. Evaluación sensorial del néctar de tuna

#### Prueba de preferencia evaluando el dulzor

En la evaluación preliminar de las cinco formulaciones de néctar de tuna con diferentes concentraciones de sacarosa, se llevó a cabo una prueba de preferencia en la que participaron 10 panelistas, todos ellos integrantes de la cooperativa Pacha Verde. La elección de este grupo de panelistas fue intencional, ya que poseen un conocimiento profundo sobre las características que desean para su producto final, especialmente en cuanto al nivel de dulzor, considerando que su objetivo es desarrollar un néctar lo más saludable posible, con la menor cantidad de ingredientes añadidos.

Los resultados de la prueba de preferencia mostraron que las opiniones de los panelistas estaban divididas: cinco de ellos prefirieron la formulación F2, con un 7 % de sacarosa, mientras que los otros cinco se inclinaron por la formulación F3, que contenía un 8 % de sacarosa. Esta división en las preferencias llevó a la decisión de someter ambas formulaciones a una prueba adicional de preferencia con un grupo más amplio de potenciales consumidores para determinar el nivel de dulzor óptimo para el producto final.

Al evaluar la preferencia de las formulaciones F2 y F3 en esta nueva fase, se aplicaron dos métodos de análisis: la tabla de significancia para pruebas de dos muestras y la prueba de chi-cuadrada, ambos con un nivel de significancia del 5 % ( $p=0.05$ ). De acuerdo con la tabla de significancia, no se encontraron diferencias significativas entre las dos formulaciones. El 52 % de los jueces prefirió la formulación F3, con un 8% de sacarosa, mientras que el 48 % se inclinó por la formulación F2, con un 7 % de sacarosa.

A pesar de la ligera preferencia hacia la formulación F3, no se observó una diferencia estadísticamente significativa entre ambas ( $p>0.05$ ). Esta falta de diferencia significativa fue confirmada también mediante la prueba de chi-cuadrada, donde se obtuvo un valor de chi-cuadrada calculada de 0.24, con una chi-crítica de 3.84 (grados de libertad = 1), resultando en un valor  $p=0.6242$ , lo que indica que no se rechaza la hipótesis nula. Es decir, no existen diferencias significativas entre las dos formulaciones en términos de preferencia de dulzor.

Dado que no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones F2 y F3, y en línea con los objetivos de la cooperativa Pacha Verde de mantener un producto saludable con la menor cantidad posible de ingredientes añadidos, se optó por seleccionar la formulación F2, con un 7 %

de sacarosa para las determinaciones y modificaciones posteriores. Esta decisión respondió a la intención de reducir el contenido de azúcar sin comprometer la aceptación del consumidor, ya que la preferencia por esta formulación es prácticamente equivalente a F3, lo que sugiere que el nivel de dulzor percibido en ambas es similar.

La selección de la formulación con menor cantidad de azúcar no solo cumple con el objetivo de la cooperativa de ofrecer un producto más sano, sino que también se alinea con las tendencias actuales de consumo, donde los productos con menos azúcares añadidos son cada vez más demandados. Este enfoque también contribuye a la reducción del uso de ingredientes no esenciales, alineándose con los principios de salud y bienestar que la cooperativa desea promover en su néctar de tuna.

### **Prueba de preferencia evaluando la consistencia (textura)**

Una vez definido el nivel de dulzor preferido, se llevó a cabo una reunión con los productores de la cooperativa Pacha Verde para abordar un problema observado en la consistencia de la formulación del néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa). Se identificó que esta formulación presentaba sedimentación, lo cual es un inconveniente común en los néctares cuando no se utilizan estabilizantes adecuados. Para resolver este problema, se propuso el uso de goma xantana, un hidrocoloide ampliamente utilizado en la industria de alimentos por sus propiedades estabilizantes. La goma xantana es conocida por ser soluble en agua tanto fría como caliente y se utiliza frecuentemente en la formulación de jugos y néctares para mejorar su cuerpo y estabilidad (Ávila & Sánchez, 2016). Dado que su eficacia es alta incluso en bajas concentraciones, se decidió trabajar con un 0.1 % de goma xantana en la formulación del néctar.

En esta segunda prueba de preferencia como se mencionó anteriormente se evaluó la consistencia de los néctares de tuna F2 (7% p/v sacarosa) y F2Gx (7 % p/v sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana) de acuerdo con la tabla de significancia para pruebas de dos muestras con un nivel de significancia del 5 % ( $p=0.05$ ), se observó que tampoco hubo diferencia significativa. El 51 % de los jueces prefirió la formulación F2Gx, mientras que el 49 % de los jueces prefirió la formulación F2. Debido a que no hubo diferencia significativa se optó por elegir el néctar con goma xantana (F2Gx), ya que aporta estabilidad durante un largo periodo de tiempo, además de que mejora su textura asemejándola a un néctar comercial. Para la prueba de chi-cuadrada con un nivel de significancia de 5 % ( $p=0.05$ ), la chi-cuadrada del néctar F2 y F2Gx fue de  $\chi^2=0.01333$  dando

una sumatoria de  $\chi^2=0.02666$  obteniendo así la chi-calculada. La chi-crítica fue obtenida a partir de la sumatoria de chi-cuadrada (0.02666) y los grados de libertad (1) obteniendo como resultado un  $p=0.8702$ . Con base a la hipótesis al tener una chi-calculada menor a la chi-crítica quiere decir que la hipótesis nula se acepta, lo que significa que no hay diferencia significativa entre las muestras.

Con la incorporación de este estabilizante, se desarrolló una nueva formulación denominada F2Gx, la cual fue sometida a una segunda prueba de preferencia en la que se evaluó la consistencia de las formulaciones F2 y F2Gx. Los resultados obtenidos en esta evaluación se analizaron utilizando la tabla de significancia para pruebas de dos muestras con un nivel de significancia del 5 % ( $p=0.05$ ). Al igual que en la prueba de preferencia sobre el dulzor, no se encontró una diferencia significativa entre las dos formulaciones evaluadas en cuanto a la consistencia. Un 7.3 % de los panelistas mencionó en sus comentarios que la formulación F2Gx tenía una textura comparable a la de un néctar comercial.

Los resultados de preferencia obtenidos se confirmaron a través de la prueba de chi-cuadrada, donde se obtuvo una chi-cuadrada calculada de 0.02666 con una chi-crítica de 3.84 (grados de libertad = 1) y un valor  $p=0.8702$ . Al ser la chi-cuadrada calculada menor que la chi-crítica, se aceptó la hipótesis nula, lo que reafirma que no hubo diferencia significativa entre las dos formulaciones en términos de preferencia por la consistencia.

Aunque la diferencia en las preferencias de consistencia fue mínima y estadísticamente no significativa, el uso de goma xantana en la formulación F2Gx fue seleccionado como la opción preferida. Esto se debió a los beneficios adicionales que aporta este ingrediente en términos de estabilidad y textura. La goma xantana no solo previene la sedimentación durante periodos prolongados de almacenamiento, sino que también mejora la consistencia del néctar, acercando su textura a la de un néctar comercial más espeso y homogéneo, lo cual es importante para garantizar la aceptación del consumidor final.

Adicionalmente, la elección de la formulación con goma xantana responde a las ventajas que proporciona, especialmente en términos de estabilidad física y sensorial. Los productores de la cooperativa consideraron que el uso de un estabilizante como la goma xantana, en bajas concentraciones, no contradice su filosofía de mantener el néctar lo más saludable posible.

Además, cumple con su deseo de ofrecer un producto con la menor cantidad de ingredientes añadidos y una calidad comercial comparable a la de otros productos en el mercado.

Ávila y Sánchez (2016) realizaron un estudio comparando néctares de tamarindo con y sin goma xantana, evaluando atributos como color, olor, sabor y apariencia mediante una prueba hedónica con 30 jueces. Aunque no hubo diferencias significativas en el sabor y olor entre las formulaciones con 0.02 % y 0.03 % de goma xantana frente al néctar sin goma, sí se observó una mejora significativa en la apariencia y el color con la adición de goma, especialmente en la formulación con 0.03 %.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se refuerza la preferencia por néctares con goma xantana, no solo por su capacidad para mantener la estabilidad del producto y prevenir la separación de fases, sino también por mejorar la textura y apariencia, haciéndolos más atractivos y similares a los néctares comerciales. Sin embargo, cabe señalar que no existe información en la literatura sobre néctares de tuna con goma xantana, lo que limita las comparaciones directas con otros estudios.

Finalmente, a las formulaciones F2 y F2Gx se les realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico durante 28 días de almacenamiento, con el objetivo de determinar cuál mantiene mejor su calidad de acuerdo con las normativas vigentes.

#### **5.1.4. Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de las formulaciones F2 y F2Gx durante el almacenamiento**

##### **5.1.4.1. Análisis fisicoquímico**

Los resultados del análisis fisicoquímico de las formulaciones de néctar de tuna F2 y F2Gx durante un periodo de almacenamiento de 28 días se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos en las formulaciones de néctar de tuna 7% (p/v) de sacarosa con y sin goma xantana durante el periodo de almacenamiento

	Día 0		7 días		14 días		21 días		28 días	
	F2	F2Gx	F2	F2Gx	F2	F2Gx	F2	F2Gx	F2	F2Gx
<sup>o</sup> Brix	11.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	13.08 ± 0.1 <sup>B</sup>	11.0 ± 0.0 <sup>a</sup>	13.03 ± 0.1 <sup>B</sup>	11.23 ± 0.2 <sup>a</sup>	12.63 ± 0.1 <sup>A</sup>	11.07 ± 0.1 <sup>a</sup>	12.83 ± 0.1 <sup>B</sup>	11.0 ± 0.1 <sup>a</sup>	12.90 ± 0.1 <sup>B</sup>
pH	3.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	3.7 ± 0.0 <sup>C</sup>	3.6 ± 0.0 <sup>c</sup>	3.7 ± 0.0 <sup>C</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.0 <sup>B</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>b</sup>	3.6 ± 0.0 <sup>B</sup>	3.4 ± 0.0 <sup>a</sup>	3.5 ± 0.0 <sup>A</sup>
Acidez (%)	0.68 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.0 <sup>D</sup>	0.66 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.93 ± 0.0 <sup>D</sup>	0.68 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.90 ± 0.0 <sup>C</sup>	0.66 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.0 <sup>A</sup>	0.67 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.89 ± 0.0 <sup>B</sup>
Viscosidad (cP)	10.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	117 ± 0.0 <sup>A</sup>	10.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	117 ± 0.0 <sup>A</sup>	10.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	117 ± 0.0 <sup>A</sup>	10.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	117.3 ± 0.0 <sup>B</sup>	10.7 ± 0.0 <sup>a</sup>	117.3 ± 0.0 <sup>B</sup>

Los resultados son el promedio de las determinaciones por triplicado ± D.E. Los valores entre cada tipo de formulación con diferente letra son diferentes significativamente  $p \leq 0.05$ . F2: néctar de tuna 7% (p/v) sacarosa sin goma xantana. F2Gx: néctar de tuna 7% (p/v) sacarosa con goma xantana.

### **Sólidos solubles totales (°Brix)**

En cuanto a los SST, la formulación F2 y F2Gx mantuvo un valor constante durante los 28 días de almacenamiento, como se muestra en la Tabla 5. El valor de °Brix fue mayor en la formulación F2Gx debido a la turbidez generada por la incorporación de goma xantana, como sugieren Ávila y Sánchez (2016). Ruiz et al. (2020) señalan que una disminución en los SST puede ser indicativa de fermentación, ya que este proceso implica la conversión de azúcares solubles en dióxido de carbono y etanol. Por lo tanto, la medición de los SST durante el almacenamiento es fundamental, ya que permite evaluar si el néctar está experimentando fermentación, un factor determinante para su vida útil en el anaquel. Esta evaluación es esencial para asegurar que el néctar conserve sus características organolépticas adecuadas durante el almacenamiento.

### **pH**

En relación con el pH, se observó una disminución progresiva a lo largo del tiempo, tanto en la formulación F2 como en la F2Gx (Tabla 5). La formulación F2 presentó un pH de 3.6 en el día 7, que disminuyó a 3.4 para el día 28. En el caso de F2Gx en el día 7 presentó un pH de 3.7 disminuyendo a 3.5 al final del período de almacenamiento. Estos resultados son consistentes con la acidez reportada (3.2-3.7) en néctares de otras frutas como naranja, mandarina (Macías et al., 2022) y tamarindo (Ávila & Sánchez, 2016) a los que se les adicionó también goma xantana. Ambos estudios sugieren que, en el proceso de pasteurización lenta, la temperatura (72-73°C) y tiempos cortos (15-20 s) pueden ser factores que contribuyen a la disminución del pH respecto al tiempo (Mero et al., 2018). Asimismo, Burgos (2016) investigó el efecto de la pasteurización al vacío en un néctar de naranja y zanahoria, determinando que el tratamiento térmico inicial también resultó en una reducción del pH.

Mero et al. (2018) reportaron que la adición de goma tuvo un impacto notable en el pH de la bebida estudiada (jugo de maracuyá), resultando en una disminución de su valor. Este efecto se atribuye a las propiedades encapsulantes de los hidrocoloides, que les permiten retener ácidos orgánicos y otras sustancias ácidas. Asimismo, Burgos (2016) y Macías et al. (2022) señalaron

que este comportamiento podría deberse a la disociación de los ácidos orgánicos presentes en los néctares, lo que provoca una disminución adicional del pH. A pesar de la reducción observada en el néctar de tuna, el valor final de pH se considera adecuado para este tipo de productos, ya que, como se mencionó en el apartado 5.1.2, un pH inferior a 4.5 contribuye a una mejor conservación, favoreciendo así la estabilidad del producto.

### **Acidez**

En relación con la acidez, los resultados obtenidos en el néctar F2 no mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). En la Tabla 5 se observa que en la formulación F2 la acidez aumentó un 0.02 % desde el día cero hasta el día 28. Por otro lado, la formulación F2Gx exhibió una disminución del 0.04 % en la acidez durante el mismo periodo. Estudios previos muestran resultados similares: Macías et al. (2022) reportaron una disminución de 0.108 % en la acidez de un néctar de naranja y mandarina con goma xantana después de 30 días de almacenamiento. Benites-Soto (2018), en néctares de tamarindo con distintas concentraciones de stevia, determinó una disminución de 0.01 % en la acidez tras 15 días de almacenamiento. En contraste, Vera y Zambrano (2021) documentaron un aumento del 0.079 % en la acidez de un néctar mixto de cítricos con sábila después de 30 días de almacenamiento. Estos autores señalaron que el aumento en la acidez a lo largo del tiempo está relacionado con los cambios en el pH; cuando el pH disminuye, la acidez tiende a aumentar. Los resultados obtenidos en esta investigación para la formulación F2Gx con goma xantana son ligeramente superiores al valor máximo de 0.6 % recomendado en la norma ecuatoriana INEN 2337:2008.

### **Viscosidad**

En la Tabla 5 se presentan los resultados del análisis de viscosidad de las formulaciones F2 y F2Gx. Se observa que la formulación F2Gx alcanzó una viscosidad de 116 cP en el día 7, en comparación con los 10.7 cP de la formulación F2, la cual mantuvo una viscosidad constante a lo largo de los 28 días de almacenamiento. En cambio, la formulación F2Gx mostró un ligero aumento en la viscosidad a partir del día 21; sin embargo, esta variación fue mínima y podría atribuirse a errores experimentales en la medición.

Montilla et al. (2020) reportaron una concentración de 0.15 % de pectina en la tuna, un valor que no representa una fuente significativa de pectina. Por ello, la viscosidad en néctares sin estabilizantes es inferior en comparación con la de aquellos que contienen goma, ya que la pectina naturalmente presente en la tuna no es suficiente para crear estabilidad en la suspensión de sólidos en la bebida.

Es importante destacar que, a lo largo del estudio, no se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las formulaciones. Esto sugiere que, aunque la incorporación de goma xantana en la formulación F2Gx condujo a un aumento en la viscosidad en comparación con F2, la estabilidad de la viscosidad de ambas formulaciones durante el almacenamiento fue comparable. La goma xantana es completamente soluble en agua, ya sea caliente o fría, se hidrata rápidamente una vez dispersa y permite la retención de agua, produciendo soluciones altamente viscosas incluso a bajas concentraciones (Ávila & Sánchez, 2016; Díaz et al., 2024). Esta goma se utiliza para mejorar la textura en bebidas y jugos. En productos que contienen partículas de pulpa de fruta, la inclusión de goma xantana ayuda a evitar la separación de fases, mejorando así la apariencia del néctar y contribuyendo a la percepción de consistencia y calidad del producto (Ávila & Sánchez, 2016).

### **Color**

Los resultados de los parámetros de color obtenidos en este estudio muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre formulaciones de néctares (Tabla 6). La luminosidad ( $L^*$ ) en los néctares F2 y F2Gx aumentó significativamente en el día 28. La formulación F2 exhibió mayor luminosidad durante el almacenamiento en comparación con la F2Gx. Esta diferencia se puede atribuir a la inestabilidad de la suspensión coloidal en la muestra F2, que impide que las partículas se mantengan en dispersión. En cambio, en la F2Gx, la goma xantana actúa como estabilizante, resultando en una suspensión coloidal más estable y, por lo tanto, una menor luminosidad.

En términos de croma  $a^*$ , el néctar F2 presentó el valor más alto en el día 14,  $a^* = -3.76$ , mientras que la formulación F2Gx el valor de  $a^*$  fue mayor en el día 28 (-2.45). Ambos valores negativos indican una tendencia hacia colores verdes en el eje cromático, lo cual es característico de la pulpa de tuna. Por otro lado, el valor de croma  $b^*$  para el néctar F2 aumentó en el día 14 (44.74),

---

mientras que la muestra F2Gx alcanzó su máximo en el día 7, con un valor de  $b^*$  de 46.22. Estos valores positivos en el eje cromático tienden a colores amarillos, lo que puede atribuirse a la cocción de la pulpa durante el proceso de elaboración del néctar provocando la degradación de la clorofila y el cambio observado en la tonalidad de verde hacia amarillo. Los valores de los parámetros de color son similares a los reportados en variedades de tunas verdes y blancas frescas reportadas por Chaparro et al. (2012) y Oros-Téllez (2023).

**Tabla 6.** Evaluación de parámetros de color en las formulaciones de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa) y F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % de goma xantana)

Variable	Día 0		7 días		14 días		21 días		28 días	
	F2	F2Gx								
L*	64.00 ± 0.1 <sup>a</sup>	61.92 ± 0.0 <sup>A</sup>	64.05 ± 0.1 <sup>a</sup>	61.92 ± 0.0 <sup>A</sup>	64.31 ± 0.3 <sup>a</sup>	62.38 ± 0.0 <sup>B</sup>	67.87 ± 0.1 <sup>b</sup>	62.51 ± 0.1 <sup>C</sup>	69.48 ± 0.0 <sup>F</sup>	66.26 ± 0.3 <sup>P</sup>
a*	-3.40 ± 0.1 <sup>b</sup>	-1.94 ± 0.0 <sup>A</sup>	-3.49 ± 0.1 <sup>b</sup>	-1.94 ± 0.0 <sup>A</sup>	-3.76 ± 0.4 <sup>d</sup>	-2.05 ± 0.0 <sup>B</sup>	-2.87 ± 0.1 <sup>a</sup>	-2.40 ± 0.1 <sup>C</sup>	-3.58 ± 0.0 <sup>F</sup>	-2.45 ± 0.4 <sup>P</sup>
b*	44.55 ± 0.6 <sup>C</sup>	46.22 ± 0.0 <sup>P</sup>	44.65 ± 0.6 <sup>C</sup>	46.22 ± 0.0 <sup>P</sup>	44.74 ± 0.7 <sup>C</sup>	45.31 ± 0.2 <sup>C</sup>	38.66 ± 1.1 <sup>A</sup>	44.66 ± 0.1 <sup>B</sup>	41.29 ± 1.2 <sup>b</sup>	42.13 ± 0.8 <sup>A</sup>
CIE L*a*b										
Código de color Hex	A89C48	A59542	A89C48	A59542	A89D48	A69743	B2A65E	A59744	B6AB5D	AFA153

Los resultados son el promedio de las determinaciones por triplicado ± D.E. Los valores entre cada tipo de formulación con diferente letra son diferentes significativamente p<0.05. F2: néctar de tuna 7% (p/v) sacarosa sin goma xantana. F2Gx: néctar de tuna 7% (p/v) sacarosa con 0.1% de goma xantana.

Estos resultados remarcan la importancia de la composición del néctar, así como el efecto de los ingredientes y el proceso de elaboración en las propiedades del color, factores cruciales para la aceptación del consumidor en el mercado. La estabilidad del color a lo largo del tiempo es un aspecto importante a considerar para el desarrollo de un producto atractivo y competitivo en el mercado.

#### **5.1.4.2. Cinéticas de estabilidad en el sistema de dispersión por transmisión y retro dispersión de luz**

Como se describió en la metodología, la estabilidad del néctar se midió utilizando el equipo Turbiscan. Esta prueba permite monitorear el comportamiento de la transmisión (paso de un láser a través de una muestra translúcida) y la retrodispersión (reflexión del láser en una muestra opaca) a lo largo del tiempo. Las cinéticas de estabilidad del néctar, considerado como una suspensión, se observaron durante un periodo de 4 horas. En la Figura 10 se presenta el aspecto visual de los néctares de tuna F2 y F2Gx en frascos de vidrio. La separación de fases en la formulación sin goma xantana (F2) es evidente, lo que se refleja claramente en los cambios de los patrones de transmisión y retrodispersión de luz. En las Figuras 11 y 12 se muestran los porcentajes de transmisión y retrodispersión de luz para las muestras F2 y F2Gx, respectivamente. La formulación de néctar F2 (Fig. 11) presenta un comportamiento típico de sedimentación, donde las partículas en suspensión tienden a aglomerarse y precipitarse en el fondo de la celda con el paso del tiempo. Este fenómeno se traduce en un aumento progresivo en la transmisión de luz, lo que indica una inestabilidad del sistema.

Por otro lado, la formulación F2Gx (Fig. 12), que contiene goma xantana, muestra una clara ventaja en términos de estabilidad. Durante las 4 horas de análisis, se observó una mayor estabilidad, con menores cambios en los patrones de transmisión y retrodispersión de luz. Esto se debe a que la goma xantana actúa como un estabilizante, formando una matriz coloidal que inhibe la sedimentación y favorece la suspensión homogénea de las partículas a lo largo del tiempo. Además, el tamaño de las partículas influye en la estabilidad de la suspensión; cuanto mayor es el tamaño de las partículas, mayor es su peso y densidad, lo que facilita su precipitación. La adición de goma xantana genera una disminución significativa en la sedimentación del néctar de tuna, lo que resulta en una mayor presencia de partículas en suspensión, relacionada con un

aumento en la turbidez. Este aumento en la turbidez es un indicador de los efectos estabilizantes en bebidas (Figuerola et al., 2016).



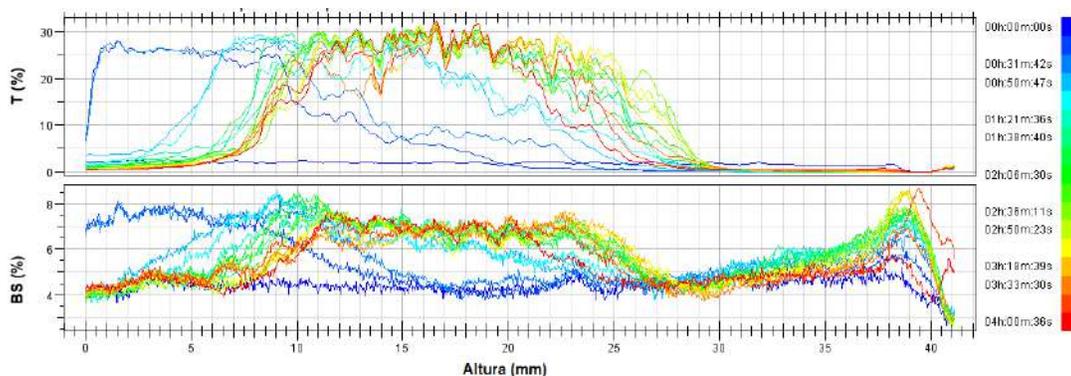
**Figura 10.** Néctar de tuna F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana) y F2 (7 % p/v de sacarosa)

Estos resultados demuestran que la incorporación de goma xantana mejora significativamente la estabilidad del néctar, lo que puede ser crucial para prolongar la vida útil del producto y mantener su calidad sensorial. La comparación entre ambas formulaciones demuestra la importancia del uso de estabilizantes para evitar la separación de fases y mejorar la apariencia del producto final.

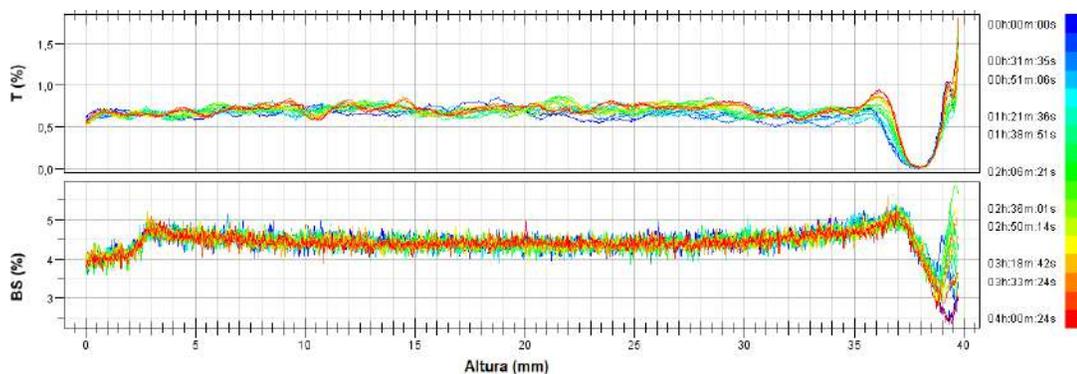
De acuerdo con las cinéticas de índice de estabilidad global Turbiscan (IET), mostradas en la Figura 13, la suspensión coloidal de la formulación F2Gx se mantuvo estable a lo largo del análisis, con las partículas permaneciendo en suspensión. Al llegar a la hora cuatro, se registró IET de 0.3, lo que indica una excelente estabilidad. En contraste, en la Figura 14, la formulación F2 mostró un IET de 17 al mismo tiempo de análisis, lo que refleja una considerable desestabilización. Estos resultados confirman que el néctar F2Gx es más estable. Macías et al. (2022) analizaron la estabilidad de un néctar mixto de pulpa de naranja y mandarina utilizando diferentes concentraciones de goma xantana y carboximetilcelulosa. Estos autores observaron que en los néctares con goma xantana se evitó la sedimentación durante un periodo de 30 días, mientras que las formulaciones con carboximetilcelulosa presentaron sedimentación desde el primer día de preparación, con un aumento del 12 % en el mismo periodo.

Ávila y Sánchez (2016) evaluaron la estabilidad de néctares de tamarindo con goma guar y goma xantana, demostrando que la goma xantana fue más efectiva para evitar la precipitación de los sólidos. Por otro lado, Corzo et al. (2019) desarrollaron una bebida mixta tipo néctar con cápsulas de aloe vera y vitamina C y, mediante el uso del equipo Turbiscan, monitorearon los patrones de transmisión y retrodispersión de luz observando que sus néctares se desestabilizaban en un lapso corto de tiempo (30 min). Este fenómeno es común en néctares sin estabilizantes, ya que los sólidos en suspensión tienden a precipitar rápidamente. Sin embargo, al agitar la bebida, las partículas se homogenizaban de nuevo rápidamente, lo cual es la razón por la que es común encontrar en las etiquetas de estas bebidas la recomendación “agítese antes de consumir” (Secretaría de Economía, 2010).

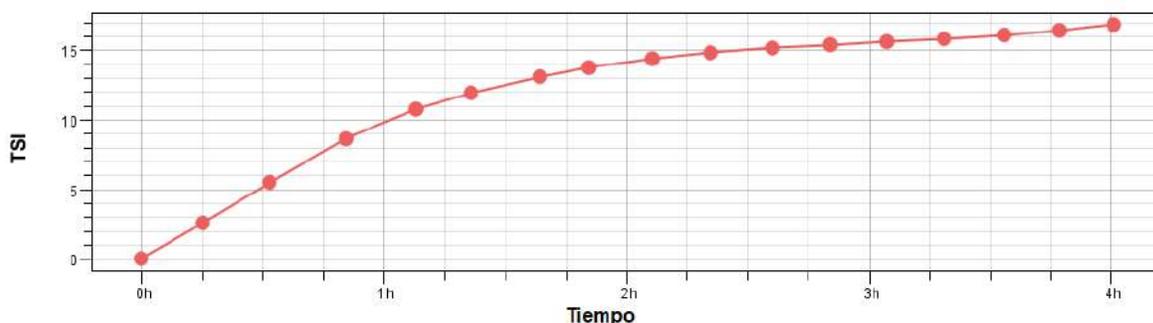
Al comparar los resultados obtenidos en esta investigación con los de Ávila y Sánchez (2016), Corzo et al. (2019) y Macías et al. (2022), se confirma que el uso de gomas, en particular la goma xantana, mejora la estabilidad de los néctares, manteniendo las partículas en suspensión durante más tiempo. Esto no solo contribuye a una mejor apariencia del producto, sino que también mejora su sabor y consistencia.



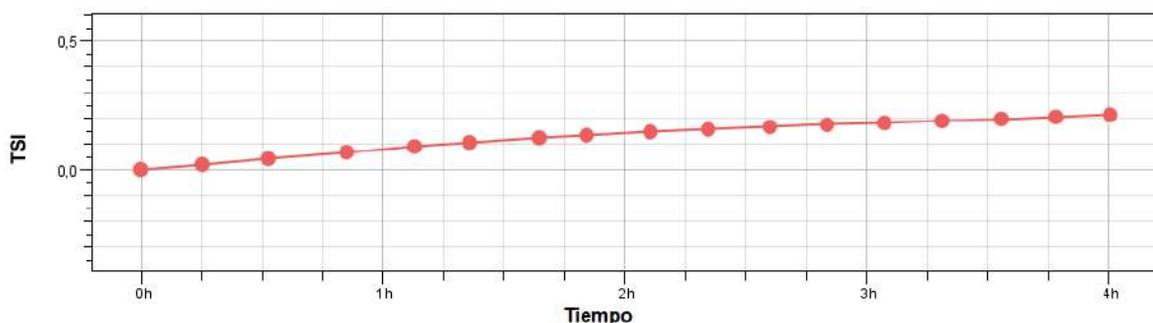
**Figura 11.** Porcentaje de transmisión y retrodispersión de luz de la formulación de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa)



**Figura 12.** Porcentaje de transmisión y retrodispersión de luz de la formulación de néctar de tuna F2Gx (7 % p/v de sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana)



**Figura 13.** Cinética de índice de estabilidad Turbiscan global (IET) de la muestra de néctar de tuna F2 (7 % p/v de sacarosa)



**Figura 14.** Cinética de índice de estabilidad Turbiscan global (IET) de la muestra de néctar de tuna F2Gx (7 % p/v sacarosa + 0.1 % p/v goma xantana)

### 5.1.4.3. Análisis de la calidad microbiológica

## **Análisis de Calidad Microbiológica**

El análisis microbiológico se llevó a cabo en las formulaciones de néctar de tuna F2 y F2Gx, evaluando tanto el producto recién elaborado como el que se almacenó durante 28 días. Una vez pasteurizado a 93 °C durante 5 minutos, el néctar se envasó en botellas de vidrio previamente esterilizadas y se almacenó a una temperatura de refrigeración de 4 °C.

### **Mohos y levaduras en placa**

La cuantificación de mohos y levaduras en los alimentos es fundamental, ya que estos microorganismos son indicadores clave de prácticas sanitarias inadecuadas durante la producción y el almacenamiento, así como del uso de materia prima de baja calidad (Secretaría de Salud, 1995). En las muestras de néctar de tuna F2 y F2Gx no se observó crecimiento de mohos ni levaduras durante el periodo de almacenamiento. Resultados similares fueron reportados por Lamia, Zouhir y Youcef (2018), quienes no detectaron mohos ni levaduras en néctar de tuna tras 21 y 30 días de almacenamiento. Asimismo, Ureta (2020) encontró valores menores a 1 NMP/cm<sup>3</sup> tras 30 días de almacenamiento.

La Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995 establece un límite máximo de 25 UFC/mL de mohos y levaduras en néctares pasteurizados. Por lo tanto, la ausencia de mohos y levaduras en ambas formulaciones elaboradas en esta investigación indica un manejo higiénico adecuado y un almacenamiento correcto a lo largo del proceso de elaboración. Estos resultados reflejan la efectividad del tratamiento térmico aplicado y las buenas prácticas sanitarias en la producción de los néctares.

### **Mesófilos aerobios en placa**

No se observó crecimiento de microorganismos mesófilos aerobios en las formulaciones de néctar F2 y F2Gx analizadas bajo las condiciones de almacenamiento. Estos resultados son consistentes con los reportados por Lamia, Zouhir y Youcef (2018), quienes no detectaron organismos mesófilos aerobios en néctar de tuna tras 21 y 30 días de almacenamiento. Del mismo modo, Ureta (2020) reportó valores inferiores a 10 NMP/cm<sup>3</sup> en néctares de tamarindo después de 30 días de almacenamiento.

De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-130-SSA1-1995, el límite máximo permitido para néctares pasteurizados es de 100 UFC/mL de organismos mesófilos aerobios en placa. Por

lo tanto, los resultados obtenidos demuestran que los néctares de tuna cumplen con los estándares de inocuidad, garantizando así la seguridad de su consumo.

### **Coliformes totales en placa**

No se detectó la presencia de microorganismos coliformes en las muestras de néctar de tuna a los 28 días de almacenamiento. Estos resultados coinciden con los reportados por Medina-Ruiz (2018), quien tampoco encontró coliformes totales en jugo de tuna, tanto en los primeros 7 días como tras un año de almacenamiento. De manera similar, Lamia, Zouhir y Youcef (2018) reportaron la ausencia de coliformes en néctar de tuna después de 21 y 30 días de almacenamiento. Ureta (2020) reportó valores inferiores a 3 NMP/cm<sup>3</sup> tras 30 días, mientras que Mendoza-Soto (2014) determinó menos de 10 UFC/mL luego de 7 días de elaboración. Lo anterior confirma que las formulaciones de néctar de tuna F2 y F2Gx fueron elaboradas bajo estrictas condiciones sanitarias, garantizando la inocuidad y seguridad del producto final para los consumidores. Además, la composición de las formulaciones, el pH, la acidez del producto, y el proceso de pasteurización contribuyeron significativamente a la calidad microbiológica del néctar.

La calidad microbiológica es un factor fundamental para establecer la vida de anaquel de un producto alimenticio, ya que influye directamente en su inocuidad y aceptación por parte del consumidor. Para preservar esta calidad, se pueden emplear diversas técnicas, como tratamientos térmicos o el uso de conservadores naturales, como los ácidos orgánicos (Lozano-Lévano et al., 2022). Estas prácticas no solo ayudan a mantener la estabilidad del producto, sino que también contribuyen a extender su vida útil en el mercado. Aunque existen métodos alternativos a los tratamientos térmicos convencionales, como las altas presiones, el ultrasonido o el envasado al vacío, que permiten reducir o eliminar la carga microbiana sin comprometer la calidad nutricional ni la estabilidad de los pigmentos naturales de los alimentos derivados de frutas, su implementación es costosa, lo que dificulta su adopción por parte de pequeños productores (López et al., 2023).

## **5.2. Resultados del proceso de formulación y evaluación de la calidad de la jalea de tuna**

### **5.2.1. Análisis fisicoquímico**

Los resultados de los análisis fisicoquímicos de las formulaciones de jalea J1 (10 % de sacarosa) y J2 (20 % de sacarosa) se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Evaluación de parámetros fisicoquímicos en las formulaciones de la jalea de tuna

<b>Formulación</b>	<b>° Brix</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez</b>	<b>Viscosidad</b>
J1	47 ± 0.0 <sup>a</sup>	3.1 ± 0.0 <sup>a</sup>	0.853 ± 0.01 <sup>b</sup>	1666 ± 0.00 <sup>a</sup>
J2	65 ± 0.0 <sup>b</sup>	3.4 ± 0.0 <sup>b</sup>	0.591 ± 0.00 <sup>a</sup>	3880 ± 0.00 <sup>b</sup>

Los resultados son el promedio de las determinaciones por triplicado ± D.E. Los valores entre cada tipo de formulación correspondientes con diferente letra son diferentes significativamente  $p \leq 0.05$ . J1: jalea 10 % de sacarosa. J2: jalea 20 % de sacarosa.

### **Sólidos solubles totales (°Brix)**

Los resultados obtenidos mostraron una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en los SST entre las formulaciones de jalea de tuna analizadas. La formulación J1 (10% de sacarosa) presentó un contenido de 47° Brix, mientras que la formulación J2 (20 % de sacarosa) alcanzó un valor de 65° Brix. La norma internacional CODEX STAN 296-2009, menciona que una jalea debe tener entre el 60 y el 65 % o superior de SST mientras que la norma ecuatoriana INEN 0415:1988 establece que una jalea debe tener como mínimo 65°Brix.

Es importante señalar que, en la revisión de la literatura, no se encontraron estudios específicos sobre jaleas de tuna. Se incluyen datos de un estudio realizado en una jalea de tuna y xoconostle combinada con ingredientes como cáscara de tuna y chile serrano, entre otros. Esta jalea presentó un valor de 68°Brix (Flores, Pérez & Martínez, 2022) el cual es superior a los 66° Brix reportados por Farceque (2021) pero menor a los 69°Brix determinados por Tonini (2015), ambos para mermelada de tuna blanca. Fernández et al. (2021), reportó un valor de 66.9°Brix en una jalea de piña con maracuyá. Este autor menciona que el contenido adecuado de SST en las jaleas es de entre 65 y 68°Brix ya que, si se supera este rango, puede generarse cristalización en la jalea. Dicha aseveración coincide con lo reportado en otros estudios sobre jaleas de frutas en los cuales sugieren que un contenido de SST entre 60 % y 68 % es ideal para evitar cristalización. Pincay et al. (2021) reportaron valores de 65.75, 60.42 y 62.02°Brix en tres jaleas de diferentes tipos de calabaza. Con base en los resultados obtenidos, solo la formulación de jalea J2 cumple con las especificaciones establecidas por las normas, además de coincidir con algunos de los resultados reportados por los autores mencionados anteriormente.

### **pH**

Los valores de pH obtenidos mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). En la formulación J1 (10 % de sacarosa), se registró un pH de 3.1, mientras que en la formulación J2 (20 % de sacarosa)

se obtuvo un pH de 3.4. Estos resultados coinciden con lo reportado por Flores, Pérez y Martínez (2022) para una jalea de tuna y xoconostle (pH entre 3 y 3.5) y son similares a los reportados por Farceque (2021) para una mermelada de tuna blanca (3.63). Pincay et al. (2021) reportaron valores de pH de 3.0, 3.4 y 3.7 en jaleas de calabaza; Fernández et al. (2021) encontraron un pH de 3.3 en jalea de piña y maracuyá; Díaz-Sangama y Li Loo-Kung (2023) reportaron un pH de 3.9 en jalea de piña. La norma INEN 0415:1988 establece que las jaleas deben poseer un pH mínimo de 2.8. Con base en los valores obtenidos, ambas formulaciones cumplen con la norma, además de ser comparables a los resultados reportados por los autores citados.

### **Acidez**

La acidez de las dos formulaciones de jalea presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ). La formulación J1 (10 % p/v de sacarosa) registró una acidez de 0.853, mientras que la formulación J2 (20 % p/v de sacarosa) fue de 0.591. Este comportamiento es coherente con la relación entre la concentración de sacarosa y la acidez del producto; a medida que se incrementa el contenido de azúcar, la acidez tiende a disminuir.

Pincay et al. (2021) reportaron valores de acidez de 0.65, 0.21 y 1.12 % de ácido cítrico en tres jaleas de calabaza, mientras que Fernández-Vargas et al. (2018) informaron una acidez de 8.8 % de ácido cítrico en una jalea de ciruela. Tonini (2015) registró un valor de 3.85 % (ácido cítrico) en una mermelada de tuna verde mientras que Farceque (2021) reportó valores de entre 1.14 y 1.19 % de acidez en las formulaciones de mermelada de tuna blanca analizada. Aunque no existen especificaciones sobre acidez en las Normas Mexicanas e Internacionales, los valores obtenidos en esta investigación se sitúan dentro del rango reportado por Pincay et al. (2021). Por otro lado, los valores obtenidos por Tonini (2015) y Fernández-Vargas et al. (2018) son significativamente más altos, lo que podría atribuirse a diferencias en la materia prima utilizada o en el proceso de formulación.

La acidez en productos como las jaleas no solo influye en el sabor, sino que también puede afectar la estabilidad microbiológica y la conservación del producto. Una acidez adecuada puede contribuir a prolongar la vida útil de la jalea al inhibir el crecimiento de microorganismos no deseados, lo cual es crucial para garantizar la inocuidad del alimento. Esto destaca la importancia de realizar análisis fisicoquímicos en el desarrollo de productos alimenticios, especialmente en jaleas, donde

el equilibrio entre dulzor y acidez es fundamental para la aceptación sensorial por parte del consumidor (Silva & Maretto, 2020).

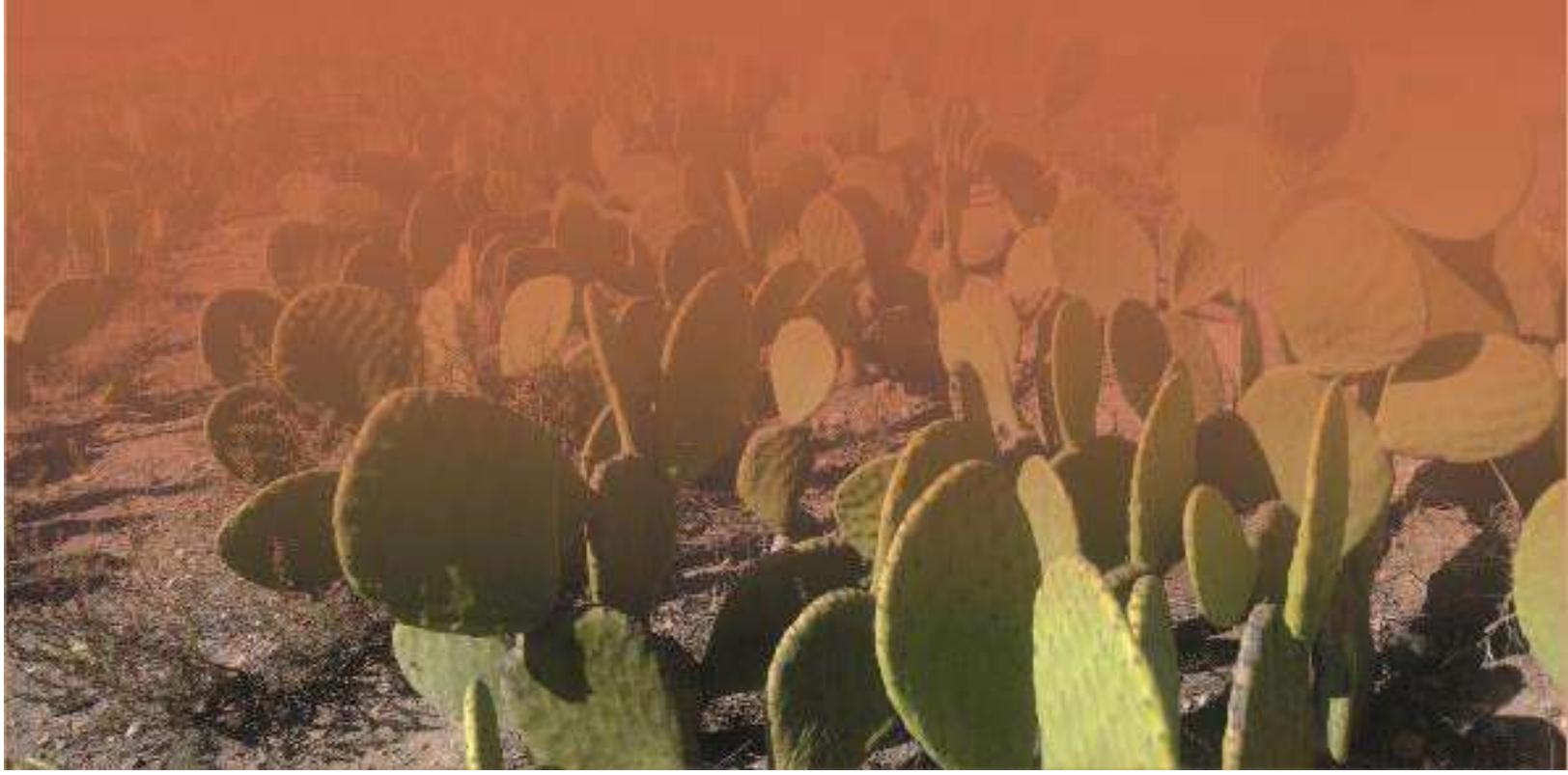
### **Viscosidad**

La viscosidad es un parámetro importante en la calidad de las jaleas, ya que influye en la textura, la estabilidad y la percepción sensorial del producto. En esta investigación, se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la viscosidad entre las formulaciones de jalea J1 (1660 cP) y J2 (3880 cP). La formulación J2, que contenía un mayor contenido de sacarosa, mostró una viscosidad más alta, lo cual era esperado, ya que el azúcar actúa como un agente espesante al interactuar con el agua y otros componentes, formando un gel más denso.

Estos resultados son consistentes con estudios previos. Fernández et al. (2021) encontraron que el aumento en la concentración de azúcar en jaleas de piña y maracuyá se correlacionaba con un incremento en la viscosidad. Pincay et al. (2021) también observaron que las jaleas de calabaza presentaban viscosidades variables dependiendo de la formulación y los ingredientes utilizados (7,888.25, 8,490.75 y 9,280.5 cP). La viscosidad no solo afecta la textura, sino que también puede influir en la estabilidad microbiológica, ya que una mayor viscosidad puede dificultar la sedimentación de microorganismos, contribuyendo así a una mayor vida útil del producto. Además, la viscosidad es un factor importante para la aceptación del consumidor. Las jaleas con una textura adecuada son más atractivas para los consumidores, quienes suelen preferir productos que sean fáciles de untar y que tengan una consistencia agradable. Por lo tanto, el control de la viscosidad durante el proceso de formulación es esencial para lograr un producto de alta calidad que cumpla con las expectativas del mercado. Los resultados obtenidos en este estudio sobre la aceptabilidad sensorial y calidad fisicoquímica de las conservas de tuna producidas por la cooperativa hidalguense Pacha Verde destacan la viabilidad de los productos y la importancia de la diversificación en el uso y consumo de tuna.

6

# CONCLUSIONES



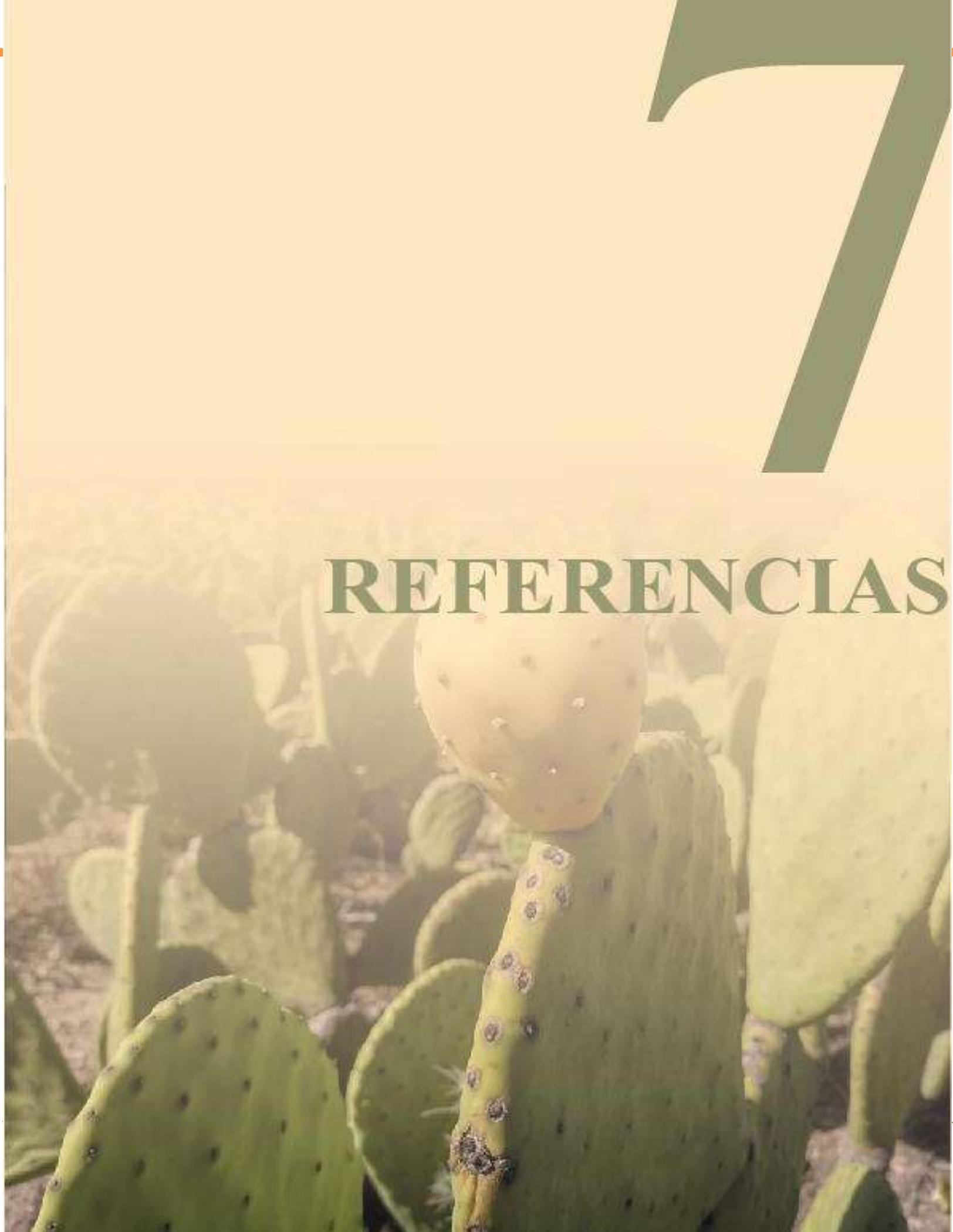
## 6. CONCLUSIONES

Se establecieron valores óptimos para el procesamiento de néctar de tuna y jalea de tuna, lográndose incrementar la aceptabilidad sensorial y la calidad fisicoquímica de dichos productos derivados de tuna producidas por una cooperativa en Tornacuxtla, Hidalgo. Las formulaciones de néctar y jalea de tuna ajustadas presentaron parámetros fisicoquímicos que cumplen con las normativas nacionales e internacionales, lo que asegura su inocuidad y calidad. Además, se logró formular un néctar con características óptimas de dulzor y textura, así como una jalea con adecuada acidez y viscosidad, elevando así el valor agregado de los productos y fortaleciendo la competitividad de los pequeños y medianos productores de la región.

Este estudio no solo proporciona una metodología estandarizada para el procesamiento de derivados de tuna, sino que también fomenta la adopción de buenas prácticas de manufactura e higiene entre los productores locales, elevando la calidad de sus productos. A través de un control riguroso de las condiciones de elaboración, se logró obtener productos derivados de tuna que no solo cumplen con las normas establecidas, sino que también presentan características organolépticas que pueden favorecer su aceptación en el mercado. La escasez de información científica sobre estos productos resalta la relevancia de este trabajo, que no solo contribuye al conocimiento académico, sino que también brinda oportunidades para el desarrollo de productos innovadores en la industria alimentaria, promoviendo así el aprovechamiento de recursos locales y el fortalecimiento de la economía regional.

7

# REFERENCIAS



## 7. REFERENCIAS

- Abu-shama, H. S., Ahmed, F. A., & Magied, H. B. (2022). Assessment of jelly candy manufactured from prickly pear fruits (*Opuntia Spp.*). *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 16(1), pp. 767-783.
- Aguilar-Hernández, A. del C., Bárcenas-Anguiano, Y., Cuevas-Galicia, K., Martínez-Galicia, E., & Flores-Cedillo, M. L. (2024). Procesamiento de tuna cardona para la elaboración de mermelada. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 9 (1), 1 – 14.
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *Evaluación sensorial de alimentos en la teoría y la práctica*. Acribia. Zaragoza, España.
- AOAC: Association of Official Analytical Chemists. (1990) *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Washington D.C: Association of Official Analytical Chemists. 916 p
- Aquino Bolaños, E. N., Chavarría Moctezuma, Y., Chávez Servia, J. L., Guzmán Gerónimo, R. I., Silva Hernández, E. R. & Verdalet Guzmán, I. (2012). *Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (Opuntia spp.) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración*. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 55, 3-10.
- Ávila, F. F. & Sánchez J. S. (2016). *Influencia de estabilizantes goma guar y goma xanthan en la calidad físico-química y organoléptica del néctar de tamarindo (Tamarindus indica l.)*. [Tesis de licenciatura] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador.
- Benites-Soto, A. W. (2018). *Determinar la calidad del néctar de tamarindo (Tamarindus indica) preparado con distintas proporciones de pulpa y concentraciones de estevia (Stevia rebaudiana)*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional de Tumbes, Perú.
- Burgos, J. E. (2016). *Estudio de la influencia de la Pasteurización al vacío sobre las Propiedades nutricionales, sensoriales y microbiológicas de néctar de naranja (Citrus x sinensis) y zanahoria (Daucus carota L.)*. [Tesis de licenciatura] Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.

- Cabrera-García, S. (2021). *Procesado de tuna (Opuntia ficus indica) como propuesta de aprovechamiento de frutos no comercializables producidos en San Sebastián Villanueva, Puebla* [Tesis de licenciatura] Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Castro Y., Blanco D., Claro M., Altamar T., & Olmos L. (2019). Caracterización fisicoquímica de un néctar obtenido a partir del yacón (*Smallanthus sonchifolius*), pera (*Pyrus communis*) y stevia (*Stevia rebaudiana*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*. 6(1), pp. 81-94.
- Chacón-Garza, L. E., Hernández-Cervantes, D., Ventura-Sobrevilla, J. M., & Aguirre-Joya, J. A. (2019). Sensory analysis of jelly from prickly pear cactus fruit (*Opuntia ficus indica*). *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, 8(44), pp. 1-11.
- Chaparro., L., Terán., Y., D'Aubeterre., R., Barazarte., H., & Ulacio., K. (2012). *Evaluación de las características físicas del fruto de tuna española del municipio de Moran del estado de Lara, Venezuela. Un enfoque multivariado*. [Tesis de posgrado] Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado, Argentina.
- Chicaiza, L. E., Changotasig, J. C., & Paredes, M. E. (2016). *Elaboración de néctar de dos variedades de tuna (Opuntia ficus y Opuntia boldinghii) utilizando dos tipos de endulzantes (stevia y miel de abeja) y dos antioxidantes (ácido ascórbico y meta bisulfito de sodio) en los laboratorios de la carrera de ingeniería agroindustrial en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el periodo 2014-2015*. [Tesis de licenciatura] Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Codex Alimentarius. (2005). CODEX STAN 247-2005 Norma para zumos (jugos) y néctares de fruta. [Normas internacionales de los alimentos] Disponible en: <https://www.cofemersimir.gob.mx/expediente/6220/mir/15632/archivo/547479>
- Codex Alimentarius. (2009). CODEX STAN 296-2009 Norma para las confituras, jaleas y mermeladas. [Normas internacionales de los alimentos] Disponible en: [https://www.fao.org/input/download/standards/11254/CXS\\_296s.pdf](https://www.fao.org/input/download/standards/11254/CXS_296s.pdf)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Nopales, tunas y xoconostles. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/nopales>

- Cordova, J., Bardales, O., & Sosa, J. L. (2023). Evaluación sensorial, fisicoquímica y microbiológica de un néctar de “mango ciruelo” edulcorado con miel de abeja parcialmente cristalizada. *Revista de investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 3 (3).
- Corzo-Barragán, D.C., Salcedo Galán, F., & Pacheco, R.A. (2019). Desarrollo de una bebida mixta tipo néctar con cápsulas de *Aloe vera* (L.) Burm. f. y vitamina C. *Revista U.D.C.A* 22(1):e1180.
- Díaz, C. G., Proaño, M. Y., Coello, C. E., Najara, D. A., Erazo, C. Y. & Vera, J. F. (2024). Comparación de las gomas xantana y guar en las propiedades de una bebida de naranjilla. *Dominio de las Ciencias*, 10(2): 849-863.
- Díaz-Sangama, E. & Li Loo-Kung, C. A. (2023). Elaboración de jalea dietética a base de piña. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2).
- Ecofresh. (s.f.). Néctar de tuna con piña bajo en calorías. Extraída el 14/06/2024 desde: <https://ecofresh.com.pe/producto/nectar-de-tuna-con-pina-bajo-en-calorias-11/>
- Farceque Santos, J. P. (2021). *Elaboración de mermelada aprovechando la pulpa de “tuna” Opuntia ficus-indica L. variedad blanca, edulcorada con panela granulada orgánica y evaluación del nivel de aceptabilidad*. [Tesis de licenciatura] Universidad Católica Sedes Sapientiae, Facultad de Ingeniería Agraria. Morropón, Perú.
- Fernández, A. O., Zamora, A. Y., Puente, D. K., Villegas, N. R., & Macías, J. A. (2021). Evaluación de las Características Físico-Químicas y Sensoriales de la jalea de *Ananas comosus* y *Passiflora edulis*. *InGenio Journal*, 4(2), pp. 49-60.
- Fernández-Vargas, Y., Pinto-Medina, D. A., & Neira-Parada, E. P. (2018). Determinación y comparación de costos & rendimientos de producción para una jalea de ciruela (*Prunus* sp) con posibles propiedades funcionales. Repositorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Documento de conferencia.
- Figuroa, J., Márquez, C., & Ciro, H. (2016). Evaluación de estabilidad coloidal en bebidas de tomate de árbol. *Agromía Colombiana*, 34(1): 792-795.
- Flores-Hernández, E. N., Pérez-Sánchez, L. A., & Martínez-Maldonado, M. Á. (2022). Elaboración de un producto regional sustentable que impulse el emprendimiento. *Revista del Centro de Graduados e Investigación del Instituto Tecnológico de Mérida*, 37(93), 139-144.

- García-Curiel, L., Pérez-Flores, J. G., Mera-Reyes, F., Esparza-Vital, D., Pérez-Escalante, E., Contreras-López, E., Ángel-Jijón, C., & Olloqui, E. J. (2024). Potencial nutricional y terapéutico de la tuna y sus subproductos. *Biología y Sociedad*, 7(14), 26-43.
- García-Curiel, L., Pérez-Flores, J. G., Pérez-Escalante, E., & Hernández-Hernández, A. A. (2023). Anthocyanin content prediction in frozen strawberry puree. *Italian Journal of Food Science*, 35(2).
- Garduño, H. C., Merino, M. V. F., Barajas, M. B., & García, M. V. D. (2023). Propiedades nutricionales, antihiperoglucemiantes y antioxidantes del nopal en *Principios activos de plantas usadas en la medicina tradicional mexicana*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Hernández, D. M. G. (2021). *Beneficio de los residuos de la tuna (Opuntia ficus indica, variedad rojo vigor) proveniente de San Sebastián Villanueva del municipio de Acatzingo, Puebla*. [Tesis de maestría]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.
- Instituto Ecuatoriano de la Normalización. (1988). NTE INEN 0515:1988 Conservas vegetales. Jalea de fruta. [Norma Técnica Ecuatoriana]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/384963116/Norma-Inen-Jalea>
- Instituto Ecuatoriano de la Normalización. (2008). NTE INEN 2 337:2008 Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas, y vegetales. [Norma Técnica Ecuatoriana]. Disponible en: <https://ia902908.us.archive.org/11/items/ec.nte.2337.2008/ec.nte.2337.2008.pdf>
- Jin, M., & Jiang, Y. (2017). "Effects of sugar concentration on the sensory properties and acidity of fruit juices." *Journal of Food Science*, 82(5), 1120-1127.
- Joshi, S., Singh, A., Laobangdisa, S. B., & Kulkarni, S. (2020). Utilization of Prickly Pear for Preparation of Fruit Dessert. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 39(1), 58-65.
- Lamia, I., Zouhir, C., & Youcef, A. (2018). Characterization and transformation of the *Opuntia ficus indica* fruits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(1), 2349-2357.

- León-Sánchez, M. A. (2010). *Aislamiento e identificación de flora microbiana contaminante de jugo de tuna cardona (Opuntia streptacantha)*. [Tesis de licenciatura] Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, México.
- López, S., Sant’Ana, A., & Freire., L. (2023). Non-thermal emerging processing Technologies: Mitigation of microorganisms and mycotoxins, sensory and nutritional properties maintenance in clean label fruit juices. *Food Research International*.
- Lozano-Lévano, C., Zavaleta-Rengifo, A., & Villaseca-Robertson, A. (2022). Evaluación microbiológica de la vida útil de néctar de durazno con propóleo como conservante natural. *Biotempo*, 19(2), 177–184.
- Macías, E.F, Demera, F.M, Zambrano, L.A, Sacón, E.F, Saltos, J.V. & Zambrano, B.A. (2022). Estabilidad de néctar mix de pulpa de naranja (*Citrus sinnensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*) con goma xanthan y CMC. *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 27, pp. 1–12.
- Mahmood, S. (2021). A Narrative Review on the Phytochemistry, Nutritional, Profile and Properties of Prickly Pear Fruit. *Journal of Biogenetic Science and Research*, 7(2), 1081-2696.
- Medina-Ruiz, A. (2018). *Innovación de subproductos de tuna variedad copena y cristal para desarrollo sostenible de la comunidad de San Santiago Villanueva Acatzingo, Puebla*. [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Puebla, México.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. & Carr, B.T. (1999). *Sensory Evaluation Techniques*. 3rd Edition, CRC Press, Boca Raton.
- Mendoza-Soto, M. F. (2014). *Caracterización bromatológica, microbiológica y sensorial del néctar de tuna (Opuntia ficus indica) edulcorado con stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional de Huancavelica, Perú.
- Mero, M. L. L., Párraga, M. A. T., Ochoa, S. J. B. & Campozano, E. G. D. (2018). Evaluación fisicoquímica en jugo de maracuyá con diferentes concentraciones de hidrocoloides. *Revista ESPAMCIENCIA*, 9(2), 119-123.

- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *Análisis de mercado de tuna 2015-2021*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.13036/1501>
- Monroy-Gutiérrez., T., Martínez-Damiá., M. T., Barrientos-Priego A. F, Gallegos-Vázquez., C., Rodríguez-Pérez., J. E, & Colinas-León., M. T. B. (2017). Evaluación de algunas características físicas y químicas de frutos de xocotuna, tuna y xoconostle en poscosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (1), pp. 189-197.
- Monroy-Rodríguez, I., Gutiérrez-López, G. F., Hernández-Sánchez, H., López-Hernández, R. E., Cornejo-Mazón, M., Dorantes-Ivarez, L., & Alamilla-Beltrán, L. (2021). Surface roughness and textural image analysis, particle size and stability of microparticles obtained by microfluidization of soy protein isolate aggregates suspensions. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(2), pp. 787-805.
- Montilla, A. J., Tovar, I. V., & Pacheco H. A. (2020). Cuantificación de pectinas de la pulpa de fruto de tres especies de tuna (Opuntioideae, Cactaceae). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, 10(1): 25-32.
- Muñoz, E.E. (2024). M. La Feria de la Tuna en San Martín de las Pirámides: espacio de tradición y comercialización. *Narrativas Antropológicas*, 5(9), pp. 55-68.
- Muñoz-Murillo, J. P., Carranza -Chica, L. N., Delgado-Cagua, M. V., Alcivar-Artega, A. K. y Muñoz-Murillo, A. A. (2019). Elaboración de néctar de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) con piña (*Ananas comosus*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) y su efecto en las características físico-químicas, microbiológicas y organolépticas. *Agroindustrial Science*, 9(1), pp. 13-17.
- Muñoz-Murillo, P., García-Mendoza, J. & Saltos-Alcivar, S. (2023). Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 43(3), p.63-73.
- Nefzaoui, A. (2018). *Opuntia ficus-indica* productivity and ecosystem services in arid areas. *Italus Hortus*, 25(3), 29-39.

- Nopalissimo. (s.f.). Mermelada de nopal. Extraído el 17/06/2024 desde: <http://tmnopal.com.mx/nopalissimo/>
- Ocampo, F., Riveros, R. A., y Roldan, E. I. (2017). *Caracterización del SIAL nopal verdura y fruta en el estado de Hidalgo, México*. Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Hidalgo. Disponible en: <http://repositorio.iica.int/handle/11324/6321>
- Oros-Téllez., A. (2023). *Caracterización de tunas (Opuntia spp.) del Valle de Teotihuacán y del Altiplano Mexicano: parámetros físicos, fisicoquímicos y perfil sensorial*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Paucara-Condori, C. M. (2017). *Caracterización física y química de la tuna (Opuntia ficus indica) en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de la Paz*. [Tesis de licenciatura] Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.
- Pérez-Alonso, F. J., & Rojas-Graü, M. A. (2017). "Acidulants: Their role in the preservation of food quality." *Food Quality and Safety*, 1(1), 11-22.
- Pincay, G. E., Arellano, I. A., Espinoza, H. A., Chicaiza, W. V. & Taco, J. C. (2021). Caracterización fisicoquímica y organoléptica de una jalea de tres variedades de zapallo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2).
- Pisco, D. G. & López, V. M. (2023). *Formulación y aceptabilidad de néctar de penca de tuna (Opuntia ficus indica) saborizado con pulpa de maracuyá (Passiflora edulis)*. [Tesis de licenciatura]. Repositorio Institucional de la Universidad Le Cordon Bleu
- Real Academia Española. (2023). *Gelatina*. Diccionario de la lengua española. Extraído el 09/08/2024 desde: <https://dle.rae.es/gelatina>
- Ruiz, L. G., Mendoza, L., Nieuwenhove, C., Pescuma, M. & Mozzi, F. (2020). *Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas*. Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura (pp. 273-306). Instituto Danone.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2019). La tuna, una fruta excelente y de exquisito sabor. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/hidalgo/articulos/la-tuna-una-fruta-excelente-y-de-exquisito-sabor?idiom=es>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2020). Crece producción de tuna en 2020, fruto para consumir esta temporada. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crece-produccion-de-tuna-en-2020-fruto-para-consumir-temporada?idiom=es#:~:text=julio%20a%20septiembre-,La%20Secretar%C3%ADa%20de%20Agricultura%20y%20Desarrollo%20Rural%20anunci>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). (2023). Arranca temporada de tuna con abasto garantizado y crecimiento en valor de producción. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/arranca-temporada-de-tuna-con-abasto-garantizado-y-crecimiento-en-valor-de>

Secretaría de Economía (SE). (2010). “NOM-051-SCF1/SSA1-2010: Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11\\_C/seeco11\\_C.htm#:~:text=comercial%20y%20sanitaria,NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D051%2DSCFI%2FSSA1%2D2010,Mexicanos.%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Econom%C3%A](https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm#:~:text=comercial%20y%20sanitaria,NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D051%2DSCFI%2FSSA1%2D2010,Mexicanos.%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Econom%C3%A) Da.

Secretaría de Economía (SE). (2017). “NOM-199-SCFI-2017: Bebidas alcohólicas-Denominacion, especificaciones fisicoquímica, información comercial y métodos de prueba”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502882&fecha=30/10/2017#gsc.tab=0)

Secretaría de Economía (SE). (2021). “NOM-173-SE\_2021: Jugos, agua de coco, néctares, bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal, fruta u hortaliza y bebidas saborizadas no alcohólicas preenvasadas-Denominaciones-Especificaciones- Información comercial y métodos de prueba”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5643986&fecha=28/02/2022#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643986&fecha=28/02/2022#gsc.tab=0)

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesqueras (SIAP). (2015). Resultados de la producción de nopal-verdura y nopal-fruta en México. SAGARPA, Ciudad de México. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesqueras (SIAP). (2022). Estadísticas de producción Agrícola. Disponible en: <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>
- Secretaría de Salud (SSA). (1994). “NOM-092-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4886029&fecha=12/12/1995#gsc.tab)
- Secretaría de Salud (SSA). (1994). “NOM-110-SSA1-1994: Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4883170&fecha=16/10/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4883170&fecha=16/10/1995#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud (SSA). (1994). “NOM-111-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud (SSA). (1994). “NOM-113-SSA1-1994: Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud (SSA). (1994). “NOM-120-SSA1-1994: Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para bienes y servicios”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4729065&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729065&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0)
- Secretaría de Salud (SSA). (1995). “NOM-130-SSA1-1995: Bienes y servicios. Alimentos envasados en recipientes de cierres herméticos y sometidos a tratamiento térmico. Disposiciones y especificaciones sanitarias”. [Norma Oficial Mexicana]. Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4901457&fecha=21/11/1997#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4901457&fecha=21/11/1997#gsc.tab=0)
- Silva, E., & Maretto, D. (2020). Effect of physicochemical properties on the sensory acceptance of fruit jellies. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3294-3301

- Stavi, I. (2022). Ecosystem services related with *Opuntia ficus-indica* (prickly pear cactus): a review of challenges and opportunities. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 46(6), 815–841.
- Suculenta. (s.f.). Suculenta agua de tuna. Extraído el 19/05/2024 desde: <https://www.tomasuculenta.com/product-page/suculenta>
- Sumaya-Martínez, M. T., Diéguez, T. S., García, E. A., & Sampedro, J. G. (2010). Innovación de productos de alto valor agregado a partir de la tuna mexicana. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 27, p. 435-441.
- Tonini, L. E. (2015). *Elaboración artesanal de mermeladas de tres genotipos de tuna (Opuntia ficus indica F.inerme) roja, anaranjada y verde*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.
- Ureta, H. F. (2020). *Evaluación del contenido de vitamina C del néctar de tuna (opuntia ficus-indica l.) en anaquel en la provincia de Junin*. [Tesis de licenciatura] Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú.
- Vera, A. F y Zambrano, D. R. (2021). *Tipo de pasteurización y temperatura de almacenamiento en la estabilidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del néctar mix de cítricos con sábila*. [Tesis de licenciatura] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador.
- Zannia. (s.f.). Néctar de tuna con Aloe vera. Extraído el 13/07/2024 desde: <https://www.gretamarket.com/products/zannia-nectar-de-tuna-con-aloe-vera-300ml>

# 8

**ANEXOS**



## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Fichas de cata

a) Prueba de preferencia de néctar de tuna F2 (7% de sacarosa) y F3 (8% de sacarosa)

 Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo	<p>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería Química de alimentos</p>	
<b>Prueba de Preferencia de néctar de tuna</b>		
Nombre: _____ Ocupación _____		
Edad: _____ Género: <b>Mujer</b> <b>Hombre</b> Fecha: _____		
<p>Frente a usted hay dos muestras de néctar de tuna, pruebe primero la muestra de la izquierda y luego la muestra de la derecha. ¿Cuál de las dos muestras prefiere? Marque con una X la muestra elegida.</p>		
 <p style="text-align: center;"><b>MUESTRAS</b></p> <p style="text-align: center;"><input type="checkbox"/> <b>854</b>      <input type="checkbox"/> <b>549</b></p>		
¿Por qué la eligió?		
_____ _____ _____		
<b>¡MUCHAS GRACIAS!</b>		

b) Prueba de preferencia de néctar de tuna F2 (7% de sacarosa) y F2Gx (7% de sacarosa + Xantana)



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo  
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Química de alimentos



### Prueba de Preferencia de néctar de tuna

Nombre: \_\_\_\_\_ Ocupación: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_ Género: **Mujer** **Hombre** Fecha: \_\_\_\_\_

Frente a usted hay dos muestras de néctar de tuna, pruebe primero la muestra de la izquierda y luego la muestra de la derecha.

¿Cuál de las dos muestras prefiere? Marque con una X la muestra elegida.



¿Por qué la eligió?

¡MUCHAS GRACIAS!

**Anexo 2.** Tabla de significancia para prueba de dos muestras (Anzaldúa- Morales, 1994).

Número de juicios	PRUEBAS DE DOS COLAS			PRUEBAS DE UNA COLA		
	Nivel de probabilidad			Nivel de probabilidad		
	5%	1%	0,1%	5%	1%	0,1%
5	-	-	-	5	-	-
6	-	-	-	6	-	-
7	7	-	-	7	7	-
8	8	8	-	7	8	-
9	8	9	-	8	9	-
10	9	10	-	9	10	10
11	10	11	11	9	10	11
12	10	11	12	10	11	12
13	11	12	13	10	12	13
14	12	13	14	11	12	13
15	12	13	14	12	13	14
16	13	14	15	12	14	15
17	13	15	16	13	14	16
18	14	15	17	13	15	16
19	15	16	17	14	15	17
20	15	17	18	15	16	18
21	16	17	19	15	17	18
22	17	18	19	16	17	19
23	17	19	20	16	18	20
24	18	19	21	17	19	20
25	18	20	21	18	19	21
26	19	20	22	18	20	22
27	20	21	23	19	20	22
28	20	22	23	19	21	23
29	21	22	24	20	22	24
30	21	23	25	20	22	24
31	22	24	25	21	23	25
32	23	24	26	22	24	26
33	23	25	27	22	24	26
34	24	25	27	23	25	27
35	24	26	28	23	25	27
36	25	27	29	24	26	28
37	25	27	29	24	27	29
38	26	28	30	25	27	29
39	27	28	31	26	28	30
40	27	29	31	26	28	31
41	28	30	32	27	29	31
42	28	30	32	27	29	32
43	29	31	33	28	30	32
44	29	31	34	28	31	33
45	30	32	34	29	31	34
46	33	33	35	30	32	34
47	33	33	36	30	32	35
48	34	34	36	31	33	36
49	34	34	37	31	34	36
50	35	35	37	32	34	37
60	41	41	44	37	40	43
70	47	47	50	43	46	49
80	52	52	56	48	51	55

\*Número mínimo de juicios coincidentes necesario para establecer diferencia significativa.

\*\* Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa.