



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**“Extracción de compuestos bioactivos del pepino
(*Cucumis sativus* L.) para la elaboración de
un alimento funcional tipo gomita.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

PRESENTA:

Luna Flores Erick

Asesoras:

M. en C. Selene Pascual Bustamante

Dra. Ma. Andrea Trejo Márquez

Cuautitlán Izcalli, Estado de México, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN



VOTO APROBATORIO
UNAM
CUAUTITLÁN
DEPARTAMENTO
DE TITULACIÓN
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN ALDERRAMA BRAVO

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la: Tesis y examen profesional

Extracción de compuestos bioactivos del pepino (*Cucumis sativus* L.) para la elaboración de un alimento funcional tipo gomita.

Que presenta el pasante: Erick Luna Flores

Con número de cuenta: 418069509 para obtener el título de: Ingeniero en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Febrero de 2024.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. María Elena Vargas Ugalde	
VOCAL	M. en C. Sandra Margarita Rueda Enríquez	
SECRETARIO	M. en C. Selene Pascual Bustamante	
1er. SUPLENTE	I.A. Virginia López García	
2do. SUPLENTE	I.A. Gabriela Hermosillo Moreno	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional

MCVB/cga*



Dedicatorias

Quiero dedicar este trabajo a mis queridos padres **Ma. del Socorro Flores Guerrero** y **Juan Luna Cruz** los pilares de mi vida, los héroes que siempre han estado a mi lado en cada capítulo de mi historia. Esta tesis es el resultado de años de esfuerzo y dedicación, y no podría haber llegado tan lejos sin su amor incondicional y apoyo constante. Mamá, tus abrazos siempre han sido mi refugio, tu amor y sabiduría han sido mi luz en los momentos más oscuros. Tu amor incondicional ha sido el viento que ha impulsado mis alas y me ha permitido volar alto. Cada palabra de aliento que has pronunciado ha sido un bálsamo para mi espíritu, infundiéndome en mí la confianza necesaria para enfrentar los desafíos que la vida me aguarde y como me dijiste un día “formar mi propio camino”. Papá, tu presencia valiente y tus consejos sabios han sido mi ejemplo a seguir. Tu presencia firme y tu determinación me han enseñado la importancia de la perseverancia, el trabajo arduo, el amor y la pasión por lo que uno haga. Tus palabras llenas de sabiduría han formado a un profesionalista con valores, ética y profesionalismo dejando huellas profundas en mí ser, recordándome siempre que puedo superar cualquier obstáculo que se interponga en mi camino. Los amo

A mi hermana **Montserrat Luna**, mi confidente y cómplice de aventuras, dedicar estas palabras es apenas un pequeño gesto para expresar la inmensa gratitud que siento hacia ti. Desde los días de infancia hasta esta etapa universitaria llena de desafíos y logros, has sido mi apoyo inquebrantable y mi inspiración constante. En cada paso de este camino, has estado a mi lado, brindándome aliento y fortaleza cuando más lo necesitaba. Tu sabiduría, tu ternura y tu valentía son un ejemplo para mí, y estoy eternamente agradecido por tener una hermana como tú. Gracias por tus palabras de aliento que resonaron en los momentos de duda, por tenerme paciencia y apoyarme con tus consejos en la vida y profesionalmente hablando, pero sobre todo por el amor que me tienes que sin duda alguna no cambiaría por nada del mundo. Juntos hemos reído, llorado y nos hemos apoyado mutuamente en cada etapa de nuestras vidas. Tu presencia ha enriquecido mi camino y ha hecho que el viaje sea aún más hermoso.

A mis abuelitos **Emilia Lara** y **Ambrosio Flores**. Ustedes fueron los pilares de nuestra familia, llenando nuestras vidas con su amor incondicional, cada conversación que



compartimos, cada historia que contaron y cada momento que pasamos juntos son tesoros que llevare para toda mi vida. Su ejemplo de trabajo arduo, bondad y resiliencia ha sido una guía. Sus valores y enseñanzas han moldeado mi carácter y mi forma de ver el mundo. Cada logro alcanzado en esta tesis es un testimonio de su influencia positiva en mi educación y en mi crecimiento personal. Aunque ya no puedo escuchar sus voces ni sentir sus abrazos, sé que están conmigo en espíritu, alentándome y guiándome en cada paso de este camino. Esta tesis lleva impreso su legado de amor y sabiduría, y deseo que estas palabras sirvan como un homenaje sincero a su memoria y su impacto duradero en mi vida. Los amo un abrazo hasta el cielo

A mis tíos **Anabel Flores** y **Emmanuel Flores**, quienes han compartido mis alegrías y éxitos. Su presencia ha sido un recordatorio constante de la hermosa familia que tengo, un tesoro invaluable y que me hace recordar en momentos difíciles que no estoy solo, que hay un círculo de amor y apoyo que me rodea. Cada logro alcanzado en este trabajo académico es también un tributo a su amor y aliento, que me han impulsado a dar lo mejor de mí mismo en cada paso del camino. Los amo

A mis queridas amigas **Lizet Sánchez Sánchez** y **Yeshua Bet-el López Rosas** quiero dedicar estas palabras llenas de gratitud y cariño. Sin ustedes, este viaje que hemos emprendido juntos no habría sido ni remotamente parecido. Recordar los momentos que vivimos juntos me llena de una alegría indescriptible. Desde las celebraciones más vibrantes hasta los momentos de vulnerabilidad, ustedes estuvieron ahí, ofreciendo su apoyo incondicional y su amor genuino. Cada instante compartido fue una oportunidad para crecer, para aprender, para fortalecer nuestros lazos de amistad. Gracias, Liz y Betel, por ser más que amigas, por ser hermanas de corazón. Su amistad ha sido un regalo invaluable en mi vida y ha demostrado que el apoyo y el amor verdadero trascienden las barreras del tiempo y la distancia. Espero que esta dedicatoria sea un testimonio duradero de mi gratitud y admiración hacia ustedes. Que nuestra amistad continúe creciendo y fortaleciéndose a lo largo de los años. Que sigamos compartiendo risas, sueños y aventuras juntos. Las quiero

A **Ximena Fadul**, amiix en este momento tan especial, quiero tomarme un instante para expresar con todo mi corazón el profundo agradecimiento que siento hacia ti. Nuestro encuentro en el taller de frutos, aparentemente casual, fue el comienzo de una de las experiencias más maravillosas y significativas que he tenido durante mi carrera y que trascendió más allá de las páginas y los apuntes. Fue una chispa de amistad instantánea, una complicidad que se forjó en cada risa compartida, en cada charla interminable llena de



risas y reflexiones, en esos momentos inolvidables que vivimos en el taller, encontré un refugio de complicidad y entendimiento. Celebramos juntos pequeños triunfos que se convirtieron en grandes victorias, y nos brindamos mutuo apoyo cuando los desafíos se presentaron, convirtiendo cada obstáculo en una oportunidad para fortalecer aún más nuestra unión. Gracias por ser esa amiga excepcional y por enseñarme que la verdadera amistad trasciende cualquier distancia. Este logro también es tuyo, y mi gratitud hacia ti se extiende más allá de estas palabras. Que nuestra amistad siga creciendo, que los caminos nos sigan cruzando y que las páginas de nuestras vidas continúen escribiendo esta historia que, aunque breve en tiempo, es eterna en significado.

A mis queridos amigos **Miguel Reyes, Mauricio Pérez, Juan Manuel**, quiero dedicar estas palabras llenas de gratitud y afecto hacia cada uno de ustedes. Quienes para mi han llenado mis días de alegría, risas y un invaluable sentido de compañerismo. Nuestros encuentros después de esos agotadores finales de semestre, cuando nos sumergíamos en partidos de fútbol para desestresarnos, se convirtieron en momentos que no solo aliviaban la presión académica, sino que también fortalecían nuestra conexión como grupo. Las horas libres se volvían mágicas cuando nos sumergíamos en emocionantes partidas de Xbox, momentos de pura diversión donde la risa y la camaradería eran protagonistas. Pero no solo se trataba de entretenimiento, también eran espacios donde compartíamos nuestras inquietudes y sueños para el futuro. Atesoro cada uno de los recuerdos que hemos compartido, desde las risas hasta las reflexiones más profundas. Mi corazón se llena de gratitud al haber tenido el privilegio de cruzar caminos con personas tan especiales como ustedes. Agradezco a la vida por permitirme conocer seres humanos tan increíbles como cada uno de ustedes.

A mis compañeros del taller de frutas y hortalizas **Yessi, Calean, Fer, Angie, Mich y Rubí** quiero agradecerles el apoyo que me han brindado durante nuestro encuentro en el taller. Aunque nuestro camino juntos fue corto, las risas compartidas, los recuerdos que hicimos juntos en nuestro bien amado taller de frutas y hortalizas nos unieron de una manera especial, espero que las conexiones que hemos construido y las lecciones que hemos aprendido juntos continúen inspirándonos en nuestros futuros proyectos y aventuras. Gracias por ser parte de este viaje y por su amistad. Los llevaré con cariño en mis recuerdos y espero que nuestros caminos se crucen nuevamente en el futuro.

A mis queridas profesoras y asesoras, **Selene Pascual, Dra. Andrea Trejo y Gabriela Hermosillo**, a través de estas palabras, quiero expresarles mi más profundo agradecimiento y admiración. Ustedes fueron mis guías para la culminación de este trabajo,



su paciencia, dedicación y empatía han creado un ambiente de aprendizaje en el que me sentí seguro y motivado para superar mis límites. Su compromiso inquebrantable con la excelencia académica y su pasión por el conocimiento han sido una fuente constante de inspiración para mí. Más allá de nuestras reuniones de asesoría, ustedes han sido mis mentoras, mis confidentes y, sobre todo, mis amigas. A través de su guía experta, he aprendido a superar los desafíos con valentía, a abrazar la curiosidad intelectual y a valorar la importancia del crecimiento personal. Cada corrección realizada, cada sugerencia ofrecida y cada elogio otorgado ha sido un recordatorio de su dedicación incansable hacia mi éxito. Que estas palabras sirvan como un testimonio sincero de mi respeto y gratitud hacia ustedes. Su legado como educadoras y como seres humanos excepcionales seguirá inspirando a generaciones de estudiantes, y siempre serán recordadas con cariño y admiración.



“Sin importar el tamaño de la ciudad o pueblo donde nacen los hombres y mujeres, ellos finalmente, son el tamaño de su obra, de su voluntad de engrandecer y enriquecer a sus hermanos”. Ignacio Allende



Índice general

Resumen	vii
Introducción.....	1
1. Antecedentes.....	3
1.1. Definición.....	3
1.2. Taxonomía del pepino	3
1.3. Morfología del pepino	4
1.4. Variedades de pepino.....	5
1.5. Producción mundial de pepino.....	5
1.6. Producción de pepino en México	6
1.7. Composición química del pepino.....	7
1.8. Compuestos bioactivos.....	8
1.9. Principales compuestos bioactivos del pepino.....	9
1.10. Principales productos derivados del pepino.....	11
1.11. Extracción de compuestos bioactivos.....	12
1.11.1. Métodos de extracción	12
• Extracción por ultrasonido	13
• Maceración.....	14
1.11.2. Factores que afectan la extracción de compuestos bioactivos	15
1.11.3. Selección del disolvente.....	15
1.12. Alimentos Funcionales.....	16
1.13. Beneficios de los alimentos funcionales.....	17
1.14. Confitería	19
1.15. Gomitas.....	19
1.15.1 Principales ingredientes y funcionalidad.....	20
2. Objetivos.....	22
Objetivo general.....	22
Objetivo particular 1	22
Objetivo particular 2	22



Objetivo particular 3	22
Objetivo particular 4	22
3. Metodología experimental	23
3.1. Estudio de mercado	23
3.2. Extracción de compuestos bioactivos de pepino.....	27
3.2.1. Materia prima	27
3.2.2. Acondicionamiento de la materia prima	27
3.2.3. Obtención de extractos de pepino	29
3.3. Formulación de las gomitas	30
3.4. Elaboración de gomitas con extracto de pepino	32
3.5. Análisis sensorial	34
3.6. Determinación de Tiempo de Vida de Anaquel.....	35
3.7. Técnicas analíticas	36
• Determinación de capacidad antioxidante	36
• Determinación de fenoles totales	37
• Determinación de humedad	37
• Porcentaje de rendimiento	37
3.8. Diseño de experimentos.....	38
4. Resultados y discusión	39
4.1. Estudio de mercado	39
4.2 Caracterización del pepino y prueba de cantidad de fenoles totales y capacidad antioxidante a la harina de pepino.....	42
4.3 Rendimientos de la extracción por maceración y ultrasonido	44
4.4. Cuantificación de fenoles totales en las extracciones por maceración y ultrasonido	46
4.5 Cuantificación de capacidad antioxidante en las extracciones por maceración y ultrasonido.	48
4.6 Cuantificación de fenoles totales en las gomitas adicionadas con extracto de pepino	51
4.7 Cuantificación de capacidad antioxidante en las gomitas adicionadas con extracto de pepino....	52
4.8 Evaluación sensorial (adultos y niños)	53
4.9 Prueba de vida de anaquel	60
4.9.1. Análisis microbiológico en vida de anaquel.....	60
4.9.2 Análisis sensorial de vida de anaquel	61



4.9.3. Determinación de capacidad antioxidante en vida de anaquel.....	65
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Referencias.....	71



Índice de figuras

Figura 1. Planta de pepino	3
Figura 2. Variedades de pepino	5
Figura 3. Producción y exportación de pepino fresco en México	7
Figura 4. Estructura de Beta-sitosterol	10
Figura 5. Estructura general de los flavonoides.....	11
Figura 6. Productos derivados del pepino	11
Figura 7. Extracción por ultrasonido.....	14
Figura 8. Extracción por maceración.....	14
Figura 9. Productos de confitería.....	19
Figura 10. Gomitas.....	19
Figura 11. Pasos para el estudio de mercado	24
Figura 12. Encuesta de estudio de mercado.....	26
Figura 13. Diagrama de bloques para el acondicionamiento del pepino	27
Figura 14. Rebanadora marca Skymesen.....	28
Figura 15. Secador marca LUZEREN	28
Figura 16. Proceso de obtención de extractos de pepino	29
Figura 17. Incubadora marca BIOBASE	29
Figura 18. Equipo de ultrasonido marca Cole Palmer.....	30
Figura 19. Diagrama de proceso de elaboración de las gomitas	31
Figura 20. Diagrama de proceso de elaboración de gomita añadida con extracto de pepino	32
Figura 21. Encuesta de análisis sensorial	34
Figura 22. Encuesta de análisis sensorial para determinación de vida de anaquel.....	35
Figura 23. Termobalanza.....	37
Figura 24. Porcentaje de aceptación de la gomita.....	39
Figura 25. Porcentaje de preferencia de gomitas.....	40
Figura 26. Porcentaje del tamaño de paquete de las gomitas	41
Figura 27. Porcentaje de formas de las gomitas.....	41
Figura 28. Rendimiento del proceso de extracción de compuestos bioactivos de pepino obtenido por el método de Maceración.....	44



Figura 29. Rendimiento del proceso de extracción de compuestos bioactivos de pepino obtenido por el método de ultrasonido.	46
Figura 30. Cuantificación de fenoles totales del extracto de compuestos bioactivos de pepino por el método de maceración.	46
Figura 31. Cuantificación de fenoles totales presentes en el extracto de de pepino obtenido por el método de ultrasonido.	48
Figura 32. Capacidad antioxidante del extracto de pepino obtenido por el método de maceración.	49
Figura 33. Capacidad antioxidante del extracto de pepino obtenido por el método de ultrasonido... ..	50
Figura 34. Fenoles totales presentes en la gomita adicionada con diferentes porcentajes extracto de pepino.	51
Figura 35. Capacidad antioxidante de la gomita adicionada con diferentes porcentajes de extracto de pepino.	52
Figura 36. Análisis sensorial en adultos y niños referentes al atributo de olor en las gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino.....	54
Figura 37. Análisis sensorial en adultos y niños referente al atributo de color de las gomitas adicionadas con diferentes porcentajes extracto de pepino.....	55
Figura 38. Análisis sensorial en adultos y niños referente al atributo de sabor en gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino.	56
Figura 39. Análisis sensorial en adultos y niños de la propiedad textura de gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino.	57
Figura 40. Análisis sensorial en adultos y niños de la aceptabilidad de la gomita adicionada con diferentes porcentajes de extracto de pepino.....	59
Figura 41. Análisis sensorial referente al atributo de color de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.....	61
Figura 42. Análisis sensorial referente al atributo de olor de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.....	62
Figura 43. Análisis sensorial referente al atributo de sabor de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.	63
Figura 44. Análisis sensorial referente al atributo de textura de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.	64
Figura 45. Análisis sensorial referente a la aceptabilidad de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.....	65
Imagen 46. Variación de contenido total de capacidad antioxidante	66
Imagen 47. Logaritmo natural vs Inverso de la temperatura	66



Índice de cuadros y/o tablas

Tabla 1. Taxonomía del pepino.....	4
Tabla 2. Morfología del pepino.....	4
Tabla 3. Aporte nutricional por cada 100 g, minerales y vitaminas del pepino.....	7
Tabla 4. Aporte nutricional de ácidos orgánicos y fitoesteroles por cada 100 g.....	8
Tabla 5. Clasificación de compuestos bioactivos presentes en productos vegetales.....	9
Tabla 6. Clasificación de los compuestos fenólicos.....	10
Tabla 7. Métodos de extracción.....	13
Tabla 9. Funcionalidad de ingredientes de la gomita.....	20
Tabla 10. Segmentación de mercado.....	25
Tabla 11. Ingredientes en la elaboración de gomitas.....	30
Tabla 12. Propuesta de formulación de gomitas adicionadas con extracto de pepino.....	33
Tabla 13. Evaluación del rendimiento de las partes del pepino después de la deshidratación.....	42
Tabla 14. Contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y porcentaje de humedad en la harina de pepino.....	43
Tabla 15. Resultados microbiológicos.....	61
Tabla 16. Coeficientes de correlación de parámetros críticos.....	65
Tabla 17. Constantes e velocidad de reacción y E_a de la gomita adicionada con extracto de pepino.....	67



Resumen

En el presente trabajo tiene como objetivo la extracción de compuestos bioactivos del pepino (*Cucumis sativus L.*) utilizando dos métodos de: maceración y ultrasonido para su aplicación en la elaboración de gomitas con propiedades beneficiosas para la salud. Un estudio de mercado se llevó a cabo para determinar la factibilidad de producción de la gomita y determinar los consumidores potenciales; mediante pruebas afectivas se identificaron las características del prototipo de mayor preferencia para su desarrollo. El pepino fue seleccionado, lavado, cortado y secado en una estufa de convección a temperatura de 60 °C por un tiempo de secado de 24 horas hasta llegar a una humedad de 4% para posteriormente molerlo y almacenarlo en envases sellados hasta su posterior uso. La harina de pepino fue utilizada para obtener los compuestos bioactivos mediante los métodos de extracción de maceración y ultrasonido a diferentes temperaturas (25 y 50 °C) y diferentes concentraciones de solvente etanol: agua (70:30 y 80:20) y seleccionar el método con mayor rendimiento de extracción de compuestos fenólicos. Posteriormente el extracto de pepino en tres diferentes porcentajes (5, 25 y 35 %) se adicionó a la formulación de gomita para después por medio de un análisis sensorial identificar el producto con mejores atributos y mayor aceptación. Además, se determinaron los compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante presentes en ella, y se seleccionó el mejor prototipo. Por último, se determinó la vida útil de la gomita, sometiéndola a pruebas de almacenamiento acelerado bajo las condiciones de temperatura de 15, 25 y 35 °C, empleando pruebas microbiológicas y determinación de fenoles, encontrándose una vida de anaquel de 270 días. Concluyendo que las gomitas desarrolladas representan una alternativa innovadora y saludable, tanto para niños como adultos, en contraposición a los productos existentes en el mercado de escaso valor nutricional. Estos nuevos productos ofrecen una opción sabrosa y atractiva que incorpora los beneficios del pepino de manera integral, proporcionando una fuente de nutrimentos esenciales mientras promueven hábitos alimentarios más saludables.



Introducción

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es uno de los cultivos hortícolas de mayor consumo a nivel mundial por su valor nutrimental (Waris *et al.*, 2014), En México el pepino es muy importante, ya que nuestro país es el principal exportador mundial de esta hortaliza y es relevante también para el consumo nacional (López-Eliás *et al.*, 2011). La literatura ha demostrado que el pepino puede contener una cantidad importante de antioxidantes (Chen *et al.*, 2011). Se cree que el pepino posee actividad antidiabética, hipolipemiente y antioxidante (Chen *et al.*, 2011). Los compuestos fenólicos han despertado interés debido a sus propiedades antioxidantes y sus posibles implicaciones benéficas en la salud humana, han ganado atención dada su posible aplicación terapéutica y dietaria, tratando de encontrar formas nuevas y seguras de antioxidantes naturales para ser incorporados en alimentos funcionales y nutraceuticos (Frevel *et al.* 2012).

Existen diferentes técnicas para la extracción de compuestos fenólicos, desde técnicas tradicionales como la extracción Soxhlet y la maceración, hasta técnicas desarrolladas en años posteriores como la extracción con fluido supercrítico, extracción con ayuda de ultrasonido, extracción mediante líquidos presurizados, extracción por microondas, etc. (Azmir *et al.*, 2013). El rendimiento cuantitativo y cualitativo de la extracción depende en gran medida de la polaridad del disolvente utilizado. Se ha reportado el uso de etanol, metanol, acetona y sus mezclas con agua en diferentes proporciones como disolventes de extracción, pero no existe un método y solvente definido, pues ello dependerá de la composición química de los compuestos a extraer, de la cantidad y posición de sus grupos hidroxilo, del tamaño molecular, así como de factores como la concentración del disolvente, temperatura, tiempo de contacto, tamaño de partícula y relación masa-disolvente, entre otros (Aspé y Fernández, 2011; Gironi y Piemonte, 2011; Capriotti *et al.* 2014).

Por otra parte, los alimentos funcionales están evolucionando como una estrategia potencial en la prevención de enfermedades crónicas ya que se supone que tiene efectos beneficiosos fisiológicos. Los alimentos funcionales contienen fitoesteroles de los cuales se ha demostrado que puede reducir el colesterol LDL, y para modular el microbiota intestinal. La industria de los alimentos funcionales está creciendo enormemente con tasas de crecimiento anual de 48 % y las estimaciones del mercado global de hasta \$167 mil millones (Stratton *et al.*, 2015). Dado que los efectos beneficiosos funcionales se derivan de compuestos activos dietéticos (componentes funcionales), el diseño y el desarrollo de estos



alimentos requieren estrategias para su definición y optimización ya sea mediante el aumento de la proporción de aquellos que exhiben efectos beneficiosos o bien limitando el contenido de otros que tienen consecuencias negativas para la salud (Jiménez-Colmenero, 2013).

En este trabajo se propone realizar una propuesta para la elaboración de un alimento funcional tipo gomita, adicionado con extracto de pepino.



1. Antecedentes





1. Antecedentes

1.1. Definición

El pepino (*Cucumis sativus L.*), es una hortaliza herbácea anual (figura 1), de la familia de las cucurbitáceas, de crecimiento rastrero o trepador, sus tallos son blandos, flexibles, largos, huecos y algo espinosos (FAO, 2006).

El origen del pepino se ubica en las regiones tropicales del sur de Asia. En la India se ha cultivado desde hace aproximadamente 3000 años. La primera mención literaria que se hace del pepino se encuentra en el cuarto texto más antiguo de la India, el Atharva-veda. Dicho texto es de principios del primer milenio antes de nuestra era. El cultivo del pepino llegó a Norteamérica en el siglo XVI con los viajes de Cristóbal Colón, quien cargaba semillas de la hortaliza dentro de sus provisiones. Posteriormente se extendió por el resto del continente conforme los españoles se adentraron en América (SIAP, 2020).



Figura 1. Planta de pepino (Tomado de CONABIO, 2013)

1.2. Taxonomía del pepino

El pepino (*Cucumis sativus L.*) pertenece al reino plantae y a la familia Cucurbitaceae, dentro de esta familia el pepino es miembro del género cucumis que incluye varias especies de plantas trepadoras y rastreras (Tabla 1). El pepino es una especie de plantas angiospermas, que se reproducen por medio de flores y producen frutos comestibles (CONABIO, 2013).



Tabla 1. Taxonomía del pepino

Clasificación taxonómica	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Violales
Familia	Cucurbitaceae
Género	Cucumis
Especie	Sativus L.

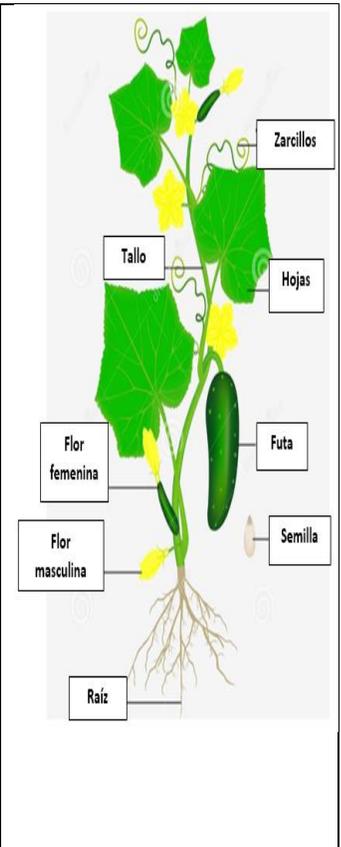
Fuente: CONABIO (2013)

1.3. Morfología del pepino

La morfología del pepino está compuesta por varias partes importantes que determinan su apariencia física, textura y sabor. Estos componentes también juegan un papel importante en su valor nutricional y en sus beneficios para la salud (BIONICA, 2010). En la Tabla 2 se muestra la morfología del pepino.

Tabla 2. Morfología del pepino

Parte	Definición
Raíz	El sistema radicular consiste en una fuerte raíz principal que alcanza de 1.0 - 1.20 m de largo, ramificándose en todas las direcciones entre los primeros 25 a 30 cm del suelo.
Tallo	Sus tallos son rastreros, postrados y con zarcillos, con un eje principal que da origen a varias ramas laterales principalmente en la base, entre los 20 y 30 cm. Son trepadores, llegando a alcanzar de hasta 3.5 metros en condiciones normales.
Hoja	Las hojas son simples, acorazonadas, alternas, pero opuestas a los zarcillos. Posee de 3 a 5, lóbulos angulados y triangulares, de epidermis con cutícula delgada. De largo pecíolo, gran limbo acorazonado, con tres lóbulos más o menos pronunciados de color verde oscuro y recubierto de un vello muy fino.
Flor	Es una planta monoica, dos sexos en la misma planta, de polinización cruzada. Algunas variedades presentan flores hermafroditas que se sitúan en las axilas de las hojas en racimos y sus pétalos son de color amarillo. Estos 3 tipos de flores ocurren en diferentes proporciones, dependiendo del cultivar.
Fruto	Se considera como una baya falsa, alargado, mide entre 15 y 35 cm de longitud. Es un fruto carnoso, cilíndrico, de color verde, amarillo o blanco en el interior. Contiene numerosas semillas ovaladas de color blanco amarillento y de tamaño mediano. En estadios jóvenes, los frutos presentan en su superficie espinas de color blanco o negro.



Fuente: FAO (2006), BIONICA (2010); Modificado de Dreamstime (2020)



1.4. Variedades de pepino

Existen muchas variedades de pepino, cada una de ellas posee características diferentes. Varían en su forma, tamaño, color de la piel o en la existencia de una mayor o menor cantidad de espinas (Figura 2). Sin embargo, podemos clasificar todas las variedades en dos grandes grupos: pepinos y pepinillos. Los pepinos suelen consumirse en fresco y son las variedades con frutos relativamente grandes. Los pepinos a su vez pueden clasificarse en varios tipos: de tipo oval, cilíndrico medio largo y cilíndrico largo (Cruz-Coronado *et al.*, 2020):

- *Pepinos del tipo oval*: tienen la sección ovalada, las variedades más extendidas son la De Rusia, Grueso de Bonneuil y Reticulado de Rusia.
- *De tipo cilíndrico medio largo*: Las variedades más cultivadas son: Ashley, Beth Alpha, Champi3n, Cubit, Generoso, Marketer, Marketmore, Negrito, Palomar, Poinsett, Polaris, Verde Calhorra, y las variedades híbridas Beatiful, Belcanto, Beth Alpha Ginoco, Bingo, Bres0, Challenger, Cherokee 7, Cypress, Dasher, Gemini 7, High Mark II, Matro, Meridian, Quick set, Record.
- *De tipo cilíndrico largo*: Destaca la variedad Blanco Largo de París, Duque de Bedford, Largo de China, Telégrafo de Rosillon, Verde Largo Inglés y como variedades híbridas la Afi, Athene, Corona, Sandra, Pandex, Pepinex 69, Todo Ginoico, Vercor, Rocket.

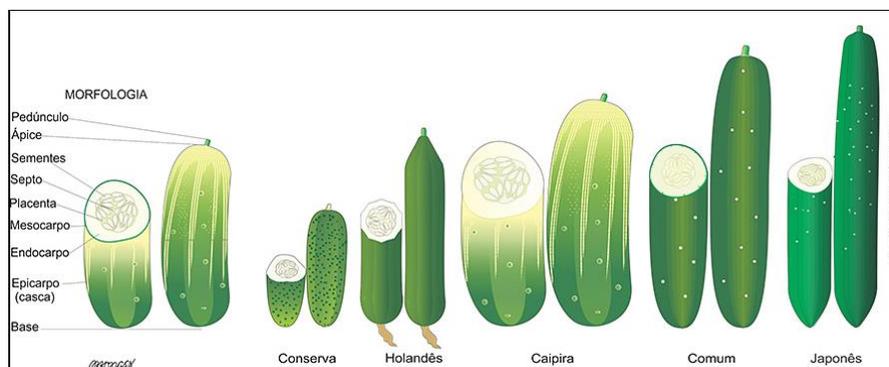


Figura 2. Variedades de pepino (tomado de CEAGESP, 2021)

1.5. Producción mundial de pepino

La producción mundial de pepino ha mostrado un crecimiento sostenido en los últimos años, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el año 2020 se produjeron aproximadamente 86 millones de toneladas de pepino



en todo el mundo. Este valor representa un aumento del 13 % en comparación con la producción de 2015, que fue de alrededor de 76 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020)

El aumento de la producción mundial del pepino se debe a varios factores, como el aumento de la demanda en los mercados internacionales, la mejora en las técnicas de cultivo, el uso de tecnologías avanzadas y la diversificación de las variedades de pepino cultivadas, además de que el pepino es resistente y de fácil cultivo, lo que lo convierte en una opción atractiva para los agricultores en muchas regiones del mundo (Sallam *et al.*, 2021).

Los principales países productores de pepino a nivel mundial son China, Irán, Turquía, España, México, Japón y Ucrania, sobre la producción de pepino en 2019, China lidero la producción mundial de pepino, con una producción de aproximadamente 76 millones de toneladas, seguida de Irán con 2.5 millones de toneladas, y Turquía con 2.2 millones de toneladas (FAOSTAT, 2020).

Con base en datos de la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en 2018, México ocupó el onceavo lugar como productor mundial con poco más de 16 mil hectáreas destinadas al cultivo; asimismo México se encuentra entre los primeros lugares en la lista de exportadores, seguido de España y Holanda (FAOSTAT, 2020). En 2018 las ventas de México a Estados Unidos se dirigieron en 98.2%, en tanto que el segundo destino fue Canadá con 1.2%. Cabe destacar que las exportaciones de pepino en 2019 ascendieron a 776 mil toneladas (Opportimes, 2020).

1.6. Producción de pepino en México

En México la producción de esta hortaliza juega un papel importante debido a que su consumo genera gran demanda tanto en el mercado nacional como internacional, lo que incentiva a que se produzca pepino, que en 2021 alcanzó a producir 1037960 toneladas de pepino (Figura 3), teniendo como principales estados productores a Sinaloa, Sonora y Michoacán con 314,150, 194,010 y 82,489 toneladas respectivamente. Del volumen total producido, se exportaron 869,555 toneladas, es decir, el 84%, principalmente a Estados Unidos (Figura 4). La temporada alta de estas exportaciones coincide justamente con el periodo de mayor producción, el cual comprende los meses de febrero a mayo y con pico en febrero (SIAP, 2023).



Figura 3. Producción y exportación de pepino fresco en México (Tomado de SIAP, 2023).

1.7. Composición química del pepino

En términos de macronutrientes, el pepino es bajo en calorías y carbohidratos, además de ser buena fuente de fibra. También contiene una cantidad modesta de proteína, en cuanto a micronutrientes, el pepino es una buena fuente de vitamina K, vitamina C y potasio además de que contiene pequeñas cantidades de otras vitaminas y minerales (Friedrich y Heimo, 1999), en las Tablas 3 y 4 se observan los macronutrientes y micronutrientes que aporta.

Tabla 3. Aporte nutricional por cada 100 g, minerales y vitaminas del pepino

Aporte por ración		Minerales		Vitaminas	
Energía (kcal)	13.28	Calcio (mg)	18.45	B1 Tiamina (mg)	0.04
Proteína (g)	0.63	Hierro (mg)	0.2	B2 Riboflavina (mg)	0.03
Hidratos de carbono (g)	1.9	Yodo (mg)	0.3	Niacina (mg)	0.36
Fibra (g)	0.7	Magnesio (mg)	7.3	B6 Piridoxina (mg)	0.06
Grasa (g)	0.2	Zinc (mg)	0.14	Ácido fólico (mg)	19.4
Agua (g)	96.6	Selenio (mg)	0.8	Ácido ascórbico (mg)	7
		Sodio (mg)	0.3	Vitamina A (mg)	28.17
		Potasio (mg)	140		
		Fosforo (mg)	11		

Fuente: Camacho (2011).



Tabla 4. Aporte nutricional de ácidos orgánicos y fitoesteroles por cada 100 g

Ácidos orgánicos		Fitoesteroles	
Ac. orgánicos disponibles (g)	0.26	Fitoesteroles totales (mg)	14
Cítrico (g)	0.02	Beta-sitosterol (mg)	14
Málico (g)	0.24		

Fuente: Camacho (2011)

En términos de compuestos bioactivos, el pepino contiene antioxidantes como el ácido cítrico, así como compuestos fitoquímicos como las cucurbitacinas o el beta-sitosterol. Estos compuestos pueden tener beneficios para la salud al actuar como agentes antiinflamatorios antioxidantes del cuerpo. Dentro de estos compuestos bioactivos se encuentran los fitoesteroles, el pepino es una excelente fuente de estos compuestos y se ha comprobado que su consumo regular puede ayudar a reducir el colesterol LDL (Lipoproteína de baja densidad) en el cuerpo (Uddin *et al.*, 2018).

1.8. Compuestos bioactivos

Los compuestos bioactivos son sustancias que presentan actividades biológicas. Se encuentran en diversas plantas y alimentos como verduras, frutas, cereales, frutos secos y aceites, estos ofrecen propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antidiabéticas y anticancerígenas, debido a su participación en la modulación de funciones enzimáticas como procesos de inhibición, inducción o recepción (Shrinet *et al.*, 2021), mismos que pueden ser utilizados como coadyuvantes para el tratamiento de distintas enfermedades, como la hipertensión (Kris-Etherton *et al.*, 2002). En la tabla 5 se muestra la clasificación de estos compuestos bioactivos.



Tabla 5. Clasificación de compuestos bioactivos presentes en productos vegetales

Terpenoides	Carotenoides	Carotenos: α -caroteno, β -caroteno, licopeno
		Xantófilas: luteína, zeaxantina
	Fitoesteroles	Campesterol, Estigmasterol, β -sitosterol
Compuestos fenólicos	Ácidos fenólicos simples	ácido gálico, clorogénicos,...
	Polifenoles	Flavonoides: quercetina, cianidina, isoflavonas,...
		Estilbenos: resveratrol
		Curcuminoides: curcumina
		Taninos
Lignanos		
Compuestos azufrados	Dialilsulfuro	Aliáceas (Ajo, cebolla,...)
	Glucosinolatos	Brasicáceas (col, brócoli, coliflor...)

Fuente: Kris-Etherton *et al.* (2002).

1.9. Principales compuestos bioactivos del pepino

- **Fitoesteroles**

Los fitoesteroles son componentes naturales integrales de las membranas celulares de las plantas y abundan en aceites vegetales, nueces, semillas y granos. Los fitoesteroles tienen múltiples efectos beneficiosos para la salud humana, como actividades hipocolesterolémicas, antiinflamatorias, antibacterianas, antifúngicas y antioxidantes (Figura 4). La evidencia muestra que estos bioactivos juegan un papel esencial en la reducción del colesterol en la sangre, brindando así protección contra la morbilidad cardiovascular. El β -sitosterol es un miembro importante del grupo de fitosterol, que se encuentra en cereales, verduras y frutas en concentraciones de 0,24 a 0,61, 0,02 a 0,41 y 0,02 a 0,34 g kg⁻¹, respectivamente (García-Llatas y Rodríguez Estrada, 2011).

Los aceites vegetales son fuentes ricas en β -sitosterol que contienen de 0,24 a 8,79 g kg⁻¹ (que representa del 33 % al 91 % del total de fitoesteroles); en concreto, el aceite de oliva y el aceite de orujo de oliva tienen una alta concentración de β -sitosterol que oscila entre 0,91 y 1,52 g kg⁻¹ (que representan del 75 % al 90 % del total de fitoesteroles). Debido al papel funcional de los fitoesteroles, especialmente del β -sitosterol, las condiciones de uso



de sus declaraciones de propiedades saludables se establecen en el Reglamento (UE) n° 686/2014 de la Comisión.

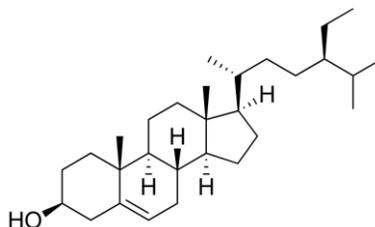


Figura 4. Estructura de Beta-sitosterol (Tomado de Quijano et al., 2017)

- **Compuestos Fenólicos**

Son metabolitos secundarios que se ha demostrado tienen actividad antimicrobiana y pueden encontrarse en extractos vegetales (Rodríguez-Maturino *et al.*, 2015), esto debido a que pueden ser sintetizados por las plantas, en muchos casos estos les sirve como un mecanismo de defensa ante posibles enemigos, así como también pueden ser los responsables de una coloración específica a la planta, en cuanto a los beneficios para el ser humano, su consumo contribuye a una buena alimentación ya que son una fuente de antioxidantes y saborizantes que hacen aún más beneficioso el consumo de ciertos alimentos, logrando de esta manera incluso la prevención de ciertas enfermedades. Los compuestos fenólicos se dividen en dos grandes grupos como se indica en la tabla 6.

Tabla 6. Clasificación de los compuestos fenólicos

No Flavonoides	Fenoles no carboxílicos
	Ácidos fenólicos
Flavonoides	Antocianos
	Flaconas, flavononas, flavanoles y flavanonoles
	Flavanoles, taninos condensados y lignanos

Fuente: López (2008)

- **Flavonoides**

Los flavonoides son metabolitos secundarios producidos por las plantas vasculares, en algunos casos con el fin de brindarles una protección contra posibles depredadores, o una



resistencia para evitar la fotooxidación producida por la luz ultravioleta, de la misma manera también pueden servir de aporte para atraer insectos polinizadores por medio de algún color u olor característico (Estrada-Reyes *et al.*, 2012). Los flavonoides son sustancia capaces de evitar ciertos tipos de enfermedades, como por ejemplo enfermedades neurodegenerativas o cardiovasculares (Duarte & Pérez-Vizcaíno, 2015), también se le atribuye propiedades antiinflamatorias, y como uno de sus principales intereses es que poseen importantes propiedades antioxidantes (Figura 5), razón por la cual tiene su gran potencial beneficioso a la salud, ya que tiene la capacidad de secuestrar radicales libres y evitar la generación de especies consecuentes reactivas de oxígeno (Chong, 2011).

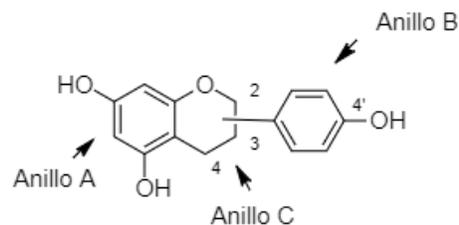


Figura 5. Estructura general de los flavonoides (Tomado de Hassing *et al.*, 2008)

1.10. Principales productos derivados del pepino

Los usos del pepino son muy variados, a nivel culinario en la preparación de diversos platos como ingredientes principales para ensaladas, gazpachos, sopas, entre otros; en la industria de cosmetológica es ampliamente utilizado para mascarillas, cremas, extractos de pepino para humedecer la piel entre los variados productos para la restauración de la piel, caso contrario en la industria alimentaria ya que solo se tienen los siguientes productos derivados del pepino (Figura 6):

- Pepinillos en vinagre
- Bebidas a base de pepino
- Empaques de ensaladas



Figura 6. Productos derivados del pepino (Tomado de Camacho, 2011).



1.11. Extracción de compuestos bioactivos

“La extracción es la técnica empleada para separar un producto orgánico de una mezcla de reacción o para aislarlo de sus fuentes naturales. Puede definirse como la separación de un componente de una mezcla por medio de un disolvente” (Santamaría *et al.*, 2015).

El objetivo de la extracción es el aprovechamiento de los subproductos orgánicos para la obtención de compuestos naturales de alto valor añadido, reconocidos por sus características funcionales, antimicrobianas o antioxidantes (Carrillo *et al.*, 2017). El método de extracción consiste en obtener los componentes de interés desde su separación de la matriz vegetal en la que se encuentran y la recuperación posterior a partir del medio en el que se hayan solubilizado. Una vez que se dispone de una fase líquida en la que se encuentran disueltos los componentes de interés, conviene realizar etapas fisicoquímicas para lograr la concentración de estos componentes, permitiendo producir extractos más puros y concentrados en los compuestos activos (Soto, 2015).

Durante la etapa de extracción se define la cantidad de principios activos que se obtendrá en el extracto, tomando en cuenta la influencia de factores como la agitación, el pH, el tiempo de extracción, el estado de división del material vegetal y la naturaleza del disolvente. De igual manera interviene el tratamiento previo a la extracción, al que se le haya sometido el sólido (Acosta *et al.*, 2009).

1.11.1. Métodos de extracción

En la industria alimentaria, la extracción de componentes y compuestos es un paso crucial en la obtención de ingredientes, aditivos y productos de alta calidad. Existen diversos métodos de extracción utilizados para extraer y purificar sustancias específicas de los alimentos (Zhang *et al.* 2018). A continuación, en la tabla 7 se muestra una comparativa de los diferentes métodos de extracción más utilizados en la industria alimentaria.



Tabla 7. Métodos de extracción.

Método	Descripción	Imagen
Extracción por destilación simple	La destilación simple es una operación en la cual se produce la vaporización de un material por la aplicación de calor; el método es empleado en la industria de capacidad moderada y pequeña, para llevar a cabo separaciones parciales de los componentes más volátiles de mezclas de líquidos miscibles	<p>Temómetro Destilación Simple Refrigerante Destilado</p>
Extracción por soxhlet	Es una técnica comúnmente utilizada para la separación sólido-líquido con el fin de extraer los compuestos que contiene una muestra sólida, con la ayuda de un disolvente el cual tiene un reflujo continuo a través del equipo, evitando así la disminución del volumen.	<p>Refrigerante Camino de extracción Muestra Vapor ascendente A B Solvente Manto calefactor</p>

Fuente: Zitalpopoca (2008); Valencia (2018), UNLP (2020)

- Extracción por ultrasonido

La extracción de componentes bioactivos por ultrasonido es un método limpio, sencillo, rápido y verde en comparación con los métodos convencionales (Figura 7). Además de su alta reproducibilidad en corto tiempo, de fácil manipulación y disminución en el uso de disolventes frente a otros métodos (Chen *et al.*, 2011). Las ondas de ultrasonido causan la ruptura mecánica de la pared celular liberando los componentes bioactivos, a su vez el calentamiento local del solvente aumenta la difusión del extracto, mejorando así la transferencia de masa a través de la interfase sólido-líquido. Los efectos mecánicos de la



sonicación inducen a una mayor disolución del disolvente en las paredes y membranas celulares, facilitando la liberación del contenido de las células y mejorando la transferencia de masa (Medina-Torres *et al.*, 2017).



Figura 7. Extracción por ultrasonido (Tomado de UNLP, 2020)

- Maceración

Consiste en poner en contacto el material vegetal seco y pulverizado junto con un disolvente adecuado el cual puede ser agua, un alcohol alifático o bien la mezcla de ambos, estos deben mantenerse en contacto por un periodo considerable de tiempo hasta conseguir la extracción deseada (Figura 8). La eficiencia de este método puede depender algunos factores controlables y no controlables (Duarte Trujillo *et al.*, 2020).



Figura 8. Extracción por maceración (Tomado de UNLP, 2020)



1.11.2. Factores que afectan la extracción de compuestos bioactivos

- **Tamaño de partícula:** La reducción de tamaño o desintegración de trozos, gránulos de partículas, no consiste solamente en obtener pedazos pequeños a partir de los grandes, sino que también para obtener un producto que posea determinado tamaño granular comprendido entre límites preestablecidos, según el proceso u operación que lo requiera. El acondicionamiento de la materia prima es un factor de rendimiento en el proceso de extracción que permite que el número de moléculas expuestas a colisionar (Bucic-Kojic *et al.*, 2007).
- **Tiempo y temperatura:** Estos factores juegan un papel fundamental en los rendimientos de extracción y en el ámbito económico si se le mira desde el proceso a gran escala. Estudios realizados en la extracción de metabolitos secundarios han establecido que el incremento de la temperatura favorece las reacciones de división y el rompimiento de la pared celular, debido a que la energía térmica aumenta la vibración molecular y por tanto la división y separación de los compuestos; lo que favorece la ruptura de fuerzas intermoleculares y de algunos enlaces. Además, el incremento de temperatura también puede contribuir a la activación de enzimas que participen de la descomposición de los compuestos complejos que crean puentes de hidrógeno con los compuestos fenólicos, facilitando la extracción de éstos. Sin embargo, puesto que los compuestos fenólicos no son los únicos compuestos en la matriz estudiada, pueden existir otras interacciones que afectan la cantidad de masa de extracto obtenida (Vázquez *et al.*, 2015).
- **Tipo de disolvente.** Debe seleccionarse un disolvente conveniente de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables (Jiménez y Hernández. 2009).

Cada disolvente produce extractos y composiciones específicos. El disolvente más ampliamente utilizado para extraer extractos vegetales de las plantas es el etanol.

1.11.3. Selección del disolvente

Debe seleccionarse un disolvente conveniente de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables (Zhang *et al.* 2018):

- Alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer: El disolvente debe tener la capacidad de disolver el compuesto objetivo de manera efectiva. La



solubilidad depende de las características químicas de los compuestos y del disolvente utilizado. La elección adecuada del disolvente asegura que los compuestos de interés se disuelvan en la mayor medida posible.

- **Selectividad:** El disolvente puede influir en la selectividad de la extracción, es decir, en la capacidad de extraer los compuestos deseados sin arrastrar impurezas no deseadas. Al seleccionar un disolvente específico, se puede optimizar la selectividad y evitar la extracción de compuestos indeseables.
- **Estabilidad química en las condiciones del proceso**
- **Eficiencia de extracción:** La capacidad del disolvente para extraer los compuestos objetivo en una cantidad y velocidad adecuada es esencial. Al elegir un disolvente adecuado, se puede lograr una mayor eficiencia en la extracción, reduciendo así el tiempo y los costos asociados al proceso.
- **Impacto ambiental:** La elección del disolvente también puede tener implicaciones ambientales. Se busca minimizar el uso de disolventes tóxicos o dañinos para el medio ambiente y priorizar aquellos que sean menos perjudiciales. Además, algunos disolventes pueden ser reciclados y reutilizados, lo que reduce el impacto ambiental y los costos asociados.
- **Toxicidad y seguridad alimentaria:** En la industria alimentaria, es fundamental seleccionar disolventes que sean seguros para su uso en la extracción de compuestos destinados al consumo humano. Se deben tener en cuenta los requisitos de seguridad alimentaria y evitar disolventes tóxicos o que puedan dejar residuos nocivos en los productos finales.
- **Alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer**
- **Capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente**
- **Estabilidad química en las condiciones del proceso**
- **Baja viscosidad, baja presión de vapor**
- **Baja toxicidad e inflamabilidad**

1.12. Alimentos Funcionales

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos que ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de



sufrir enfermedades. El término Alimento Funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos de uso específico de salud" (*Foods for Specified Health Use* o *FOSHU*) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutricional (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

Estos alimentos pueden estar destinados a toda la población o a grupos determinados, que se pueden definir, por ejemplo, según su edad o su constitución genética. Además, proporcionan beneficios fisiológicos adicionales más allá de satisfacer las necesidades nutricionales básicas. El mercado de los alimentos funcionales se está expandiendo, lo que ilustra una mejor comprensión de la toma de decisiones de los consumidores de estos alimentos para guiar la política alimentaria y las decisiones financieras (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

1.13. Beneficios de los alimentos funcionales

- **Crecimiento y desarrollo en la primera infancia**

Se refiere al aumento de la cantidad de células de un individuo específico y a los cambios de las dimensiones corporales, los primordiales aspectos a estudiar incluyen los niveles de micronutrientes de la madre embarazada, en especial el hierro y la leche materna. La alimentación temprana radica en que modula el crecimiento, el desarrollo funcional y la funcionalidad del sistema inmune. El crecimiento se puede asociar con el aumento de la talla y el peso, el desarrollo se refiere a los cambios progresivos que tienen lugar en los tejidos y los órganos a medida que van ejerciendo sus funciones (Al-Sheraji, 2013).

- **Regulación de los procesos metabólicos básicos**

Una alimentación balanceada influye en todos los procesos metabólicos debido a que esto se expresa en función de su aporte energético y a su contenido de hidratos de carbono, grasas y proteínas, lo cual es muy importante para distintas enfermedades crónicas, como la obesidad y la diabetes tipo 2, asociadas con enfermedades cardiovasculares e hipertensión arterial respectivamente (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

- **Defensa contra el estrés oxidativo**

Los estudios científicos han demostrado que los radicales libres se encuentran relacionados en diferentes procesos bioquímicos que causan daño celular. El campo de radicales libres ha sido objeto de expansión masiva en los últimos años. Nuevos datos indican que la



generación biológica y la reactividad de los oxidantes se aprovechan para regular numerosos procesos fisiológicos (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

- **Fisiología cardiovascular**

Las enfermedades cardiovasculares se originan por factores que pueden tener relación con la grasa ingerida. La respuesta clínica se produce a largo plazo, aunque el problema se puede iniciar en la infancia. Las enfermedades coronarias son un grupo de enfermedades degenerativas en el cual se incluyen la cardiopatía isquémica, la enfermedad de las arterias periféricas, y el accidente cerebrovascular (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

- **Rendimiento cognitivo y mental**

Algunos alimentos o componentes alimentarios no guardan relación directa con la enfermedad o la salud, sin embargo, pueden modificar el estado de ánimo o mental. Para influir en el comportamiento, el estado emocional y el rendimiento cognitivo los alimentos deben crear una satisfacción a corto plazo y un efecto beneficio en el bienestar y la salud a largo plazo (Al-Sheraji *et al.*, 2013).

Entre los ejemplos de alimentos funcionales tenemos los mostrados en la tabla 8:

Tabla 8. Alimentos funcionales.

Tipos de alimentos Funcionales	Beneficios	Imagen
Leches enriquecidas	Contribuyen reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares	
Yogures enriquecidos	Ayudan al desarrollo de huesos y dientes e intervienen en la transmisión nerviosa	
Cereales fortificados	Ayudan a la reducción de cáncer de colon, mejoran la calidad de la microflora intestinal	
Caramelos y productos de confitería	Ayudan a disminuir la cantidad de colesterol en sangre y a la prevención de enfermedades respiratorias	 <p data-bbox="1052 1818 1321 1835">Caramelos de jengibre para la tos www.herbspot.com</p>

Fuente: Grupo LACTALIS (2023)



1.14. Confitería

Los productos de confitería (Figura 9) son aquellos que, por definición, están elaborados principalmente con sacarosa, glucosa, fructosa, lactosa o combinaciones de estos azúcares y se agrupan en: caramelo duro, caramelo suave, gomas y jaleas, rellenos, malvaviscos, tabletas, pastillas, gomas de mascar y chocolate (Jackson, 1990). Entre los productos de confitería, las gomitas se encuentran en segundo lugar en ventas dada la cantidad de texturas, sabores y formas distintas que poseen (Periche *et al.*, 2014). La elaboración tradicional de gomitas incluye altas cantidades de sacarosa y jarabe de glucosa combinado con un agente gelificante, comúnmente conocido como gelatina, junto con ácidos, aromas y colorantes (Marfil *et al.*, 2012).



Figura 9. Productos de confitería (Tomado de Montúfar, 2019)

1.15. Gomitas

Son dulces de consistencia gelatinosa elaborados a partir de glucosa, sacarosa, saborizantes y colorantes artificiales o naturales, gomas o almidón (Figura 10). También, se conocen como confites que tienen en su fórmula algún agente colágeno, la cual les otorga la textura elástica, esto les permite recuperar su forma rápidamente cuando se someten a presión con los dedos de la mano. Estas deben de ser: cristalinas y estables, esto quiere decir que la humedad del producto debe de estar en equilibrio con la del ambiente, lo cual dependerá del medio en el que se conserven. El componente mayoritario en las gomas son los hidratos de carbono. Su aspecto final puede ser abrigantado o azucarado (FAO, 2015).



Figura 10. Gomitas (Tomado de Montúfar, 2019)



1.15.1 Principales ingredientes y funcionalidad

En 1920 el pastelero alemán Hans Riegel, quiso reproducir en dulce a los ositos danzarines que cada año llegaban con el circo a la ciudad. Hizo un molde con la silueta del oso y lo rellenó con una pasta gomosa que obtuvo al mezclar la base del caramelo clásico (azúcar, jarabe de glucosa y agua) con un poco de gelatina, además de ácido cítrico, extractos y colorantes de frutas y plantas. Así nacieron los *Gummibärchen*, caramelo blando, versátil, flexible como la goma y con forma de osito danzarín que dio inicio en Bonn (Alemania) al fenómeno de las gomitas, y a una de sus formas más famosa (Montúfar, 2019). La funcionalidad de los ingredientes de las gomitas se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Funcionalidad de ingredientes de la gomita

Ingrediente	Funcionalidad
Agua	El agua es el medio donde se disuelven todos los ingredientes de las gomitas.
Edulcorante	Les dan el característico sabor dulce a las gomitas, pero en este producto no solo se agrega sacarosa (azúcar), sino que cada edulcorante cumple una función específica: <ul style="list-style-type: none">• Sacarosa: Proporciona un alto grado de dulzor a las gomitas, puede usarse también en el escarchado para evitar que se peguen entre sí.• Fructosa: Proporciona sabor dulce al producto, ya que proporciona más dulzor que la sacarosa.• Jarabe de maíz o jarabe de glucosa: Ayuda a prevenir la cristalización de otros azúcares (principalmente la sacarosa), lo que arruina la textura de la gomita.• Sorbitol: Ayuda a contener el contenido de humedad del dulce, además de evitar el crecimiento microbiano.
Gelificante	Son aquellos que al entrar en contacto con el agua y ser hidratados, forman una red o gel, atrapando el agua y evitando que salga. Al variar la concentración de este ingrediente, se le da a la gomita la textura gomosa, suave y masticable que la caracteriza. Tradicionalmente las gomitas son elaboradas con gelatina o grenetina, pero actualmente pueden existir gomas hechas a base de gelificantes vegetales como las pectinas o el agar, e incluso gomas con mezclas entre gelatina y gelificantes vegetales. Algunos de ellos son: <ul style="list-style-type: none">• Gelatina, Pectina, Agar, Almidones modificados
Colorante	La gelatina tradicional proporciona un color amarillo pálido a las gomitas, pero para hacerlas más llamativas y atractivas se le añaden colorantes de acuerdo con el sabor del producto.
Saborizante	La gelatina, e inclusive las gomas vegetales, son insípidas, lo que permite añadir el saborizante deseado y crear un producto con cualquier sabor que se guste, pueden ser naturales o artificiales, o una mezcla entre ambos; normalmente se usan sabores de frutas.

Fuente: Montúfar (2019)



Recientemente han comenzado a usarse otros gelificantes para elaborarlas, por ello hoy en día las gomitas son productos obtenidos por mezcla de gomas naturales, gelatinas, pectina, agar-agar, almidón, azúcares y otras sustancias y aditivos alimentarios.



2. Objetivos

Objetivo general

Extraer los compuestos bioactivos de pepino (*Cucumis sativus L.*) mediante dos métodos de extracción (maceración y ultrasonido), diferentes mezclas etanol-agua (70:30 y 80:20) y temperatura (25 y 50°C) para su aplicación en el desarrollo de un alimento funcional tipo gomita que conserve sus propiedades nutrimentales durante su vida de anaquel.

Objetivo particular 1

Determinar mediante un estudio de mercado a través de la implementación de una encuesta electrónica la aceptación de consumidores potenciales de las gomitas adicionadas con extracto de pepino.

Objetivo particular 2

Seleccionar las condiciones en la extracción de los compuestos bioactivos presentes en el pepino mediante los métodos de maceración y ultrasonido empleando una mezcla de etanol-agua a diferentes concentraciones (70:30 y 80:20) y temperatura (25 y 50 °C) de extracción, evaluando la concentración de compuestos bioactivos (contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante) que permita establecer las condiciones que presenten un mayor rendimiento.

Objetivo particular 3

Seleccionar la concentración de extracto de pepino (5, 15 y 25 %) para el desarrollo de una gomita evaluando el contenido de compuestos fenólicos totales, capacidad antioxidante y propiedades sensoriales con mayores propiedades nutrimentales y aceptación por los posibles consumidores.

Objetivo particular 4

Evaluar el tiempo de vida útil de la gomita adicionada con extracto de pepino, empleando el método de vida de anaquel acelerada para delimitar el tiempo máximo de consumo de la golosina.

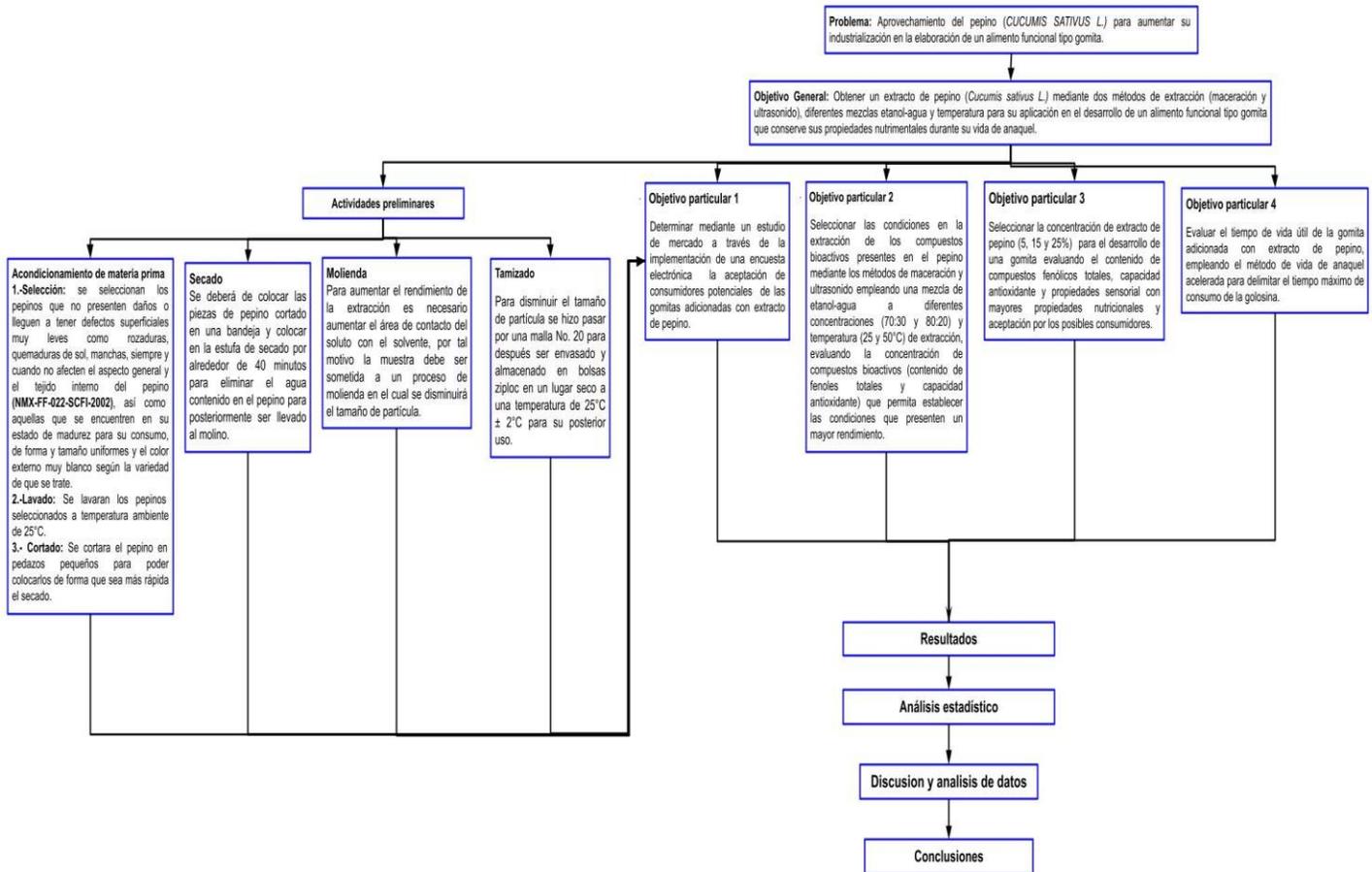


3. Metodología Experimental





3. Metodología experimental



3.1. Estudio de mercado

El estudio de mercado tiene como finalidad conocer cuántos individuos o empresas desarrollan la actividad económica que se pretende desarrollar en un proyecto productivo, ya sea la producción de un bien o la prestación de un servicio, así como sus especificaciones y el precio que el público está dispuesto a pagar por el producto. Para realizar el estudio se desarrolló la siguiente metodología siguiendo el diagrama que se muestra en la figura 11:

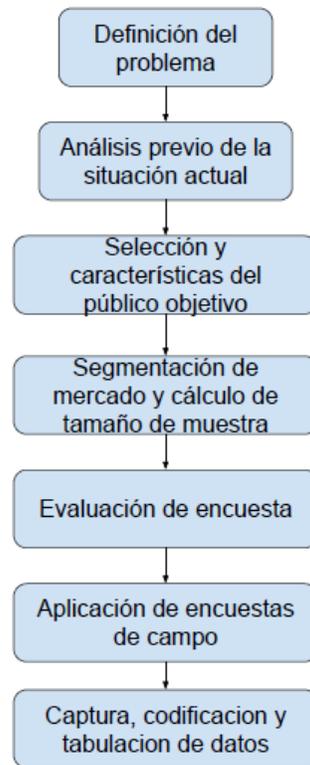


Figura 11. Pasos para el estudio de mercado

Lo primero fue una definición del problema siendo el desarrollo de un nuevo producto cuyo propósito fue que este presentará un aporte nutrimental gracias a las propiedades funcionales del producto. Posteriormente se hizo un análisis previo de la situación actual donde se analizó a fondo que tipo de propiedades iba a tener nuestro producto y que tan costoso sería, posteriormente se establecieron las características del público o mercado meta, y se recabó información sobre los tipos de productos que tuvieran similitudes con el nuestro para conocer a los competidores comerciales. Con esta información se determinó a que población estaría dirigidos nuestro producto por medio de una segmentación del mercado, estableciendo edades entre los 6 a 55 años de edad en el Estado de México en particular en el municipio de Cuautitlán Izcalli. En la tabla 10 se muestra la información demográfica que se tomó en cuenta para la segmentación del mercado.



Tabla 10. Segmentación de mercado

Descripción	Habitantes o equivalentes
Población total del estado de México	16992418
Población de Cuautitlán Izcalli	555,163
Porcentaje de población de 6 a 50 años (%)	67.45

Después de la segmentación se tuvo que determinar el tamaño de la muestra para saber con exactitud el número de encuestas a realizar y con ello saber el porcentaje de aceptación de la goma adicionada con extracto de pepino, para esto se tuvo que hacer el cálculo para estudios cuya variable es cuantitativa para una población finita utilizando la fórmula de Aguilar-Barojas, (2005).

$$n = \frac{NZ^2S^2}{d^2(N-1)+Z^2S^2} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1}$$

Ec. de tamaño de la muestra 1

Donde:

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

Z= valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza.

S²= varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d= nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

Con esto se determinó el tamaño de muestra para la realización de la encuesta del estudio de mercado, posteriormente se realizó la aplicación de las encuestas en la zona de Cuautitlán Izcalli, Estado de México a jóvenes de entre 6 y 55 años para conocer el porcentaje de aceptación que tendría la gomita adicionada con extracto de pepino. La encuesta que fue realizada al público fue la presentada en la figura 12:



1. ¿Edad?		
14 a 18 años	19 a 25 años	26 a 35 años
2. ¿Es usted consumidor regular de gomitas?		
Si	No	
3. ¿Con qué frecuencia consume usted?		
Diario	A veces	Casi nunca
4. ¿Por qué usted prefiere consumir gomitas?		
Sabor	Precio	Apariencia
5. ¿Es de su agrado el vegetal pepino?		
Si	No	
6. ¿Sabe de los beneficios que nos aporta el pepino?		
Si	No	
7. Si saliera al mercado una gomita con extracto de pepino con propiedades para mejorar su salud la consumiría.		
Si	No	Tal vez
8. ¿De qué tamaño le gustaría que fuera el paquete de las gomitas adicionadas con extracto de pepino?		
Pequeño	Mediano	Grande
9. ¿De qué tamaño le gustaría que fueran las gomitas adicionadas con extracto de pepino?		
Pequeño	Mediano	Grande
10. ¿De qué forma le gustaría que tuvieran las gomitas?		
Redondas	Alargadas	Frutas

Figura 12. Encuesta de estudio de mercado.



3.2. Extracción de compuestos bioactivos de pepino.

3.2.1. Materia prima

El pepino con el que se trabajó fue obtenido del mercado del Carmen en el municipio de Cuautitlán Izcalli; se le seleccionó firme, verde, en estado de madurez fisiológica y se almacenó en una cámara de refrigeración a 14 °C.

3.2.2. Acondicionamiento de la materia prima

Una vez obtenido el pepino fue necesario un tratamiento previo, para poder llevar a cabo la extracción etanólica de los compuestos bioactivos. Por lo que se realizó el procedimiento que se observa en la Figura 13.

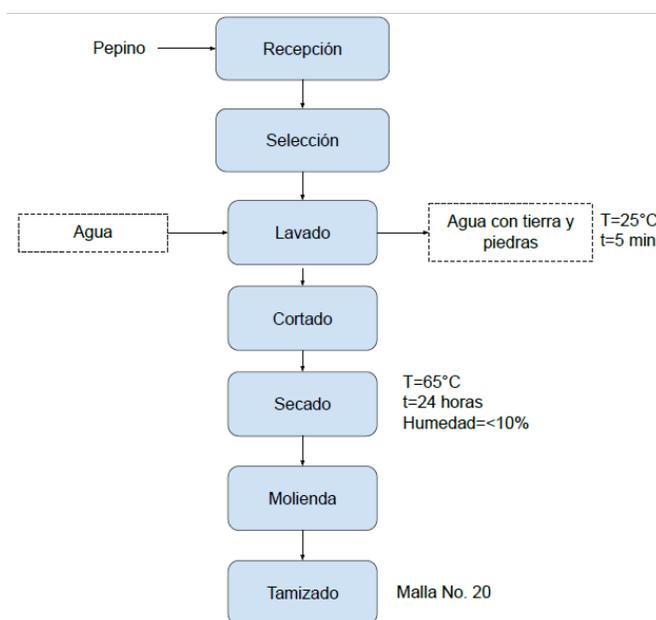


Figura 13. Diagrama de bloques para el acondicionamiento del pepino

El procedimiento se detalla a continuación:

- **Selección:**

Se seleccionaron piezas enteras de pepino siguiendo la norma NMX-FF-023-1982 referida a productos alimenticios no industrializados para uso humano, hortaliza pepino (*Cucumis sativus L.*), en donde se seleccionaron los pepinos que no presentaron pudrición o algún daño mecánico.

- **Limpieza y lavado**

Una vez seleccionados los frutos se llevó a cabo una limpieza manual donde se retiraron elementos fácilmente visibles como: piedras, pudrición, piezas fuera de color, con daño



mecánico, daño de insectos o deformes. Estos se desinfectaron y se lavaron con agua a temperatura ambiente de 25 °C con la finalidad de retirar cualquier materia extraña adherida a la piel del pepino, como la tierra, e incluso eliminar algún microorganismo.

- *Cortado*

Una vez desinfectados los pepinos, se procedió a realizar el cortado el cual se llevó a cabo de manera mecánica. Se hicieron cortes transversales del pepino con la rebanadora de alimentos (marca Skymssen), estos obtuvieron un tamaño pequeño 0.4 mm para aumentar el área de contacto y que fuera más rápido el proceso de secado (Figura 1).



Figura 1. Rebanadora marca Skymssen.

- *Secado*

El pepino rebanado fue secado en una estufa de convección (marca LUZEREN) a una temperatura de 65 °C por un tiempo de 24 horas hasta que estos llegaron a un porcentaje de humedad final del 4 % (Figura 15).



Figura 15. Secador marca LUZEREN

- *Molienda*

Se procedió a la molienda de los pedazos de pepino secos hasta que se obtuvo un polvo fino con un tamaño de partícula de 0.0661 pulgadas para ser llevado a la siguiente operación.



- Tamizado

Para disminuir el tamaño de partícula se hizo pasar por una malla No. 20 para después envasarlo y almacenarlo en bolsas plásticas de cierre hermético en un lugar seco a una temperatura de 25 ± 2 °C para su posterior uso.

3.2.3. Obtención de extractos de pepino

La extracción de los compuestos bioactivos del pepino se realizó por los métodos de maceración y ultrasonido donde se pesaron para cada uno de ellos 5 g de harina de pepino agregando 50 ml de una mezcla etanol: agua en dos concentraciones (80:20 y 70:30) para mantener una proporción de 1:10 (figura 16).



Figura 16. Proceso de obtención de extractos de pepino

- **Extracción por maceración:** Una vez que se prepararon las muestras ya con el disolvente a las diferentes concentraciones de etanol: agua se llevaron a una incubadora (marca BIOBASE), en donde se colocaron los frascos a una temperatura de 25 y 50 °C por 6 horas; una vez transcurrido el tiempo se procedió a filtrar y almacenar los extractos en frascos ámbar hasta su uso posterior (Figura 17).



Figura 17. Incubadora marca BIOBASE

- **Extracción por ultrasonido:** Para el caso de la extracción por ultrasonido se usó un equipo de ultrasonido (Marca Cole Palmer) con 400 W de potencia y una frecuencia de 24 kHz, en donde se colocaron las muestras a dos diferentes temperaturas 25 y 50 °C, por un tiempo de 60 minutos, al final del proceso estas



fueron filtradas y los extractos colocados en frascos ámbar hasta su uso posterior. (Figura 18).



Figura 18. Equipo de ultrasonido marca Cole Palmer

A los extractos obtenidos se les evaluaron el contenido de fenoles totales, y la capacidad antioxidante. Las técnicas empleadas se detallan en el apartado 7.10 de técnicas analíticas

3.3. Formulación de las gomitas

Una vez seleccionado el método de extracción para los compuestos bioactivos del pepino, se procedió a la elaboración de las gomitas. La formulación propuesta se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11 Ingredientes en la elaboración de gomitas

Ingredientes (%)	
Azúcar	33.93
Agua	37.33
Glucosa	16.97
Grenetina	6.78
Ácido cítrico	1.58
Saborizante	3.39
Colorante	1

El procedimiento de elaboración de las gomitas se muestra en la figura 19.

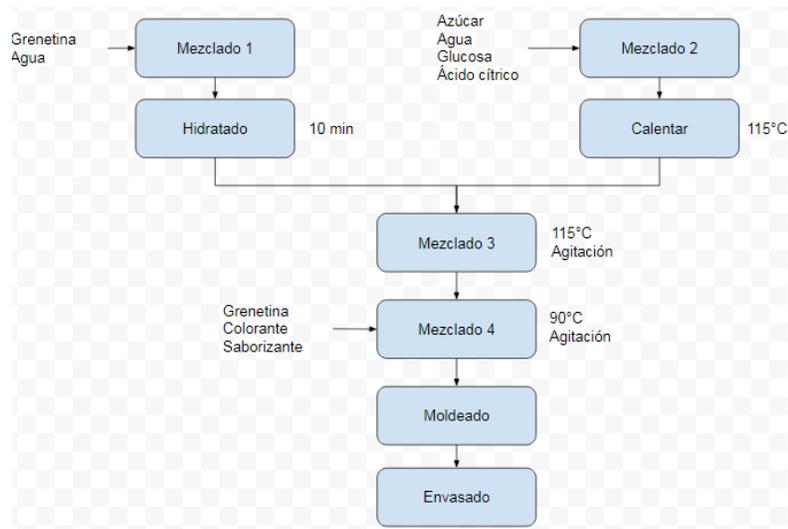


Figura 19. Diagrama de proceso de elaboración de las gomitas

El procedimiento se detalla a continuación:

1. La grenetina se mezcló con 150 ml de agua a temperatura ambiente lentamente para no generar grumos y se dejó hidratando durante aproximadamente 10 minutos hasta el momento de ser usada.
2. Después, en otro recipiente se realizó la mezcla de los ingredientes agua, glucosa, azúcar y ácido cítrico dejando que se calentara en el recipiente y a medida que aumento el tiempo y la temperatura se fue integrando todo hasta que estos se disolvieron completamente.
3. La mezcla se dejó calentar y con la ayuda de un termómetro de cocina se fue tomando la temperatura de esta constantemente hasta llegar a 115 °C todo esto para obtener la consistencia deseada para las gomitas.
4. Una vez que el jarabe tomó la consistencia deseada se agregaron los saborizantes y colorantes para las gomitas y se mezcló hasta integrar todo nuevamente.
5. Por último, se agregó la grenetina previamente hidratada, pedazos no tan grandes, para que se puedan integrar de forma correcta y mezclamos sin incorporar aire a la mezcla del recipiente.



6. Después se vació con ayuda de una jeringa la solución sobre los moldes donde se dieron formas a las gomitas.
7. Los moldes con las gomas se llevaron al refrigerador y se les dejó reposar durante un tiempo de 15 minutos.
8. Una vez transcurrido el tiempo, se incorporó un poco de maicena en las palmas de las manos para evitar que se pegaran las gomas y se les retiró poco a poco de los moldes y por último se colocaron en recipientes.

3.4. Elaboración de gomitas con extracto de pepino

Para la preparación de las gomitas adicionadas con extracto de pepino se tuvo que modificar la metodología de la elaboración ya que no se debería afectar la adición de los compuestos presentes en el extracto de pepino. En la Figura 20 se presenta el diagrama de proceso de elaboración.

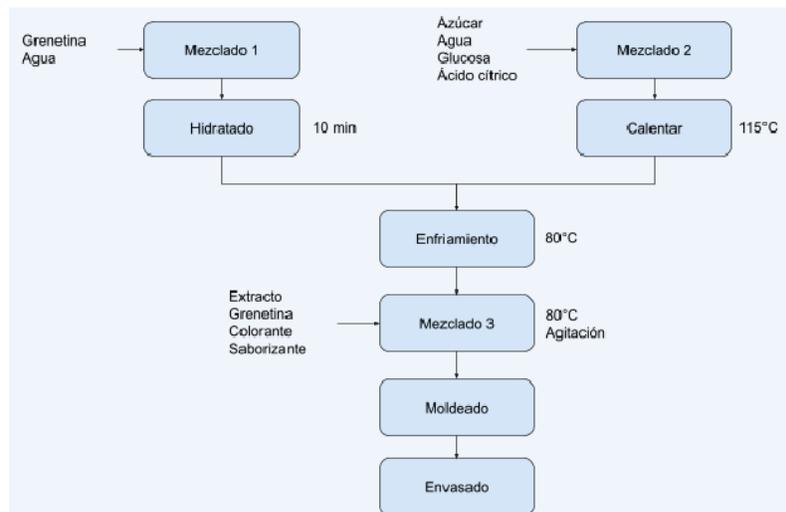


Figura 20. Diagrama de proceso de elaboración de gomita adicionada con extracto de pepino

En la Tabla 12 se muestran las formulaciones propuestas para el desarrollo de la gomita adicionada con extracto de pepino.



Tabla 12. Propuesta de formulación de gomitas adicionadas con extracto de pepino

Ingredientes			
	Formulación 1 (%)	Formulación 2 (%)	Formulación 3 (%)
Azúcar	33.93	33.93	33.93
Agua	12.33	22.33	32.33
Glucosa	16.97	16.97	16.97
Grenetina	6.78	6.78	6.78
Ácido cítrico	1.58	1.58	1.58
Saborizante	3.39	3.39	3.39
Colorante	1.00	1.00	1.00
Extracto de pepino	25.00	15.00	5.00

El procedimiento con las modificaciones se detalla a continuación:

1. La grenetina se mezcló con 150 ml de agua a temperatura ambiente lentamente para no generar grumos en ella y se dejó hidratando por aproximadamente 10 minutos hasta el momento de ser usada.
2. Después, en otro recipiente se realizó la mezcla de los ingredientes agua, glucosa, azúcar y ácido cítrico dejándola calentar en el recipiente y a medida que aumentó el tiempo y la temperatura, se fue integrando todo hasta que los ingredientes se disolvieron completamente.
3. La mezcla se dejó calentar y con la ayuda de un termómetro de cocina se fue tomando la temperatura de esta hasta llegar a 115 °C para obtener la consistencia del jarabe deseada para las gomitas.
4. El jarabe se dejó enfriar hasta que obtuviera una temperatura de 80 °C con mediciones constantes con el termómetro de cocina para verificar dicha temperatura.
5. Por último, se agregó la grenetina previamente hidratada, el saborizante, el colorante y el extracto de pepino y una vez colocados estos ingredientes se fueron integrando hasta obtener la consistencia deseada.



6. Después se vació con ayuda de una jeringa la solución sobre los moldes donde se les dio forma a las gomitas.
7. Los molden con las gomitas se llevaron al refrigerador y se dejaron reposar durante 15 minutos.
8. Un poco de maicena se incorporó en las palmas de las manos para evitar que se peguen, se fueron desmoldeando las gomitas y se colocaron en recipientes.

3.5. Análisis sensorial

Para la selección de la concentración de extracto a emplear en el desarrollo de la gomita se realizó un análisis sensorial, el cual se aplicó a un total de 30 panelistas no entrenados abarcando varios rangos de edades a partir de los 6 años, para las encuestas de niños se aplicó en la escuela primaria José María Morelos del municipio de Tepetzotlán en el Estado de México y las encuestas para adultos se aplicó en las inmediaciones del Centro de Asimilación Tecnológica de FESC en la Universidad Nacional Autónoma de México. En la figura 21 se presenta la encuesta realizada.

Edad:	Genero:				
<p>Prueba las muestras identificadas con diferentes códigos que se presentan a continuación e indica tu nivel de agrado para cada una de las características, marcando con el número la escala que mejor describa al producto.</p>					
5	Me gusta muchísimo				
4	Me gusta moderadamente				
3	No me gusta ni me disgusta				
2	Me disgusta moderadamente				
1	Me disgusta muchísimo				
Muestra	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTABILIDAD
1A471					
134C8					
13B72					

Figura 21. Encuesta de análisis sensorial



3.6. Determinación de Tiempo de Vida de Anaquel.

Para establecer el tiempo de vida útil se realizó un estudio de anaquel, este se realizó a la gomita adicionada con extracto de pepino con mayor aceptación de acuerdo con la evaluación sensorial. Estableciéndose la siguiente metodología:

- Se prepararon 3.1 kg de gomitas de las cuales la mitad fueron adicionadas con extracto de pepino y la otra mitad no. Se les dividió en grupos para las pruebas microbiológicas, fenoles totales, capacidad antioxidante y el análisis sensorial, almacenándolas en temperaturas diferentes de 15 °C, 25 °C y 35°C, temperaturas seleccionadas para un diseño de vida acelerada.
- Las gomitas fueron almacenadas por un periodo de 48 días donde cada 8 días se realizó un muestreo y se evaluaron diferentes parámetros: cuantificación de compuestos fenólicos, capacidad antioxidante, conteo microbiológico (mesófilos, coliformes y hongos y levaduras), de acuerdo con las técnicas descritas en el apartado 6.7. Además, se realizó un análisis sensorial de las gomitas con extracto y sin extracto como se muestra en la figura 22

Edad: **Genero:**

Prueba las muestras identificadas con diferentes códigos que se presentan a continuación e indica tu nivel de agrado para cada una de las características, marcando con el número la escala que mejor describa al producto.

5	Me gusta muchísimo
4	Me gusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta muchísimo

Muestra	OLOR	COLOR	SABOR	TEXTURA	ACEPTABILIDAD
1A4S15					
134C15					
1B4S25					
1B4C25					
1C4S35					
1C4C35					

Figura 22. Encuesta de análisis sensorial para determinación de vida de anaquel



De los parámetros estudiados en la gomita (capacidad antioxidante, fenoles totales, análisis microbiológico y análisis sensorial) se seleccionó el parámetro que se ajustó a un modelo cinético de primer orden como lo muestra la ecuación 1 (Sánchez *et al.*, 2015):

$$[A] = [A0]e^{\pm kt}$$

Ecuación 2. Modelo cinético de primer orden

Al observarse que el comportamiento de dicho parámetro seleccionado era de primer orden se procedió al cálculo de la Energía de Activación (E_a) por medio de Ley de Arrhenius (Casp & April, 2003) donde se establece el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción (k), trazando la gráfica del Ln de k contra el inverso de las temperaturas estudiadas (315.15, 323.15 y 333.15°K) obteniéndose por medio de la regresión lineal la E_a y con base en esta ley podemos obtener el tiempo de vida de anaquel estimado de la gomita sustituyendo los datos en la siguiente ecuación,

$$\text{Tiempo de vida de anaquel} = 35e^{\left[\left(\frac{E_a}{R}\right) \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right]}$$

Ecuación 3. Cálculo del tiempo de vida de anaquel

Donde:

E_a = energía de activación

R = Constante universal de los gases ideales $\left(\frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)$

T = temperatura (°K)

3.7. Técnicas analíticas

- Determinación de capacidad antioxidante

Este método se basa en la capacidad para atrapar radicales presentes en el medio. El radical catiónico de color verde azulado $ABTS^+$ se genera por la interacción del ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) ($ABTS^+$) con persulfato de potasio, por lo que se evalúa la capacidad antioxidante de la muestra en función de la habilidad para disminuir la concentración del radical a 734 nm, como porcentaje de inhibición del radical



cación $ABTS^+$ (Re *et al.*, 1999). Se usa 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcroman-2-acido carboxílico (Trolox) como estándar y los resultados se expresan en mM Trolox/g muestra.

- **Determinación de fenoles totales**

Este método se basa en la capacidad de los fenoles para reaccionar con agentes oxidantes. El reactivo Folin-Ciocalteu contiene molibdato y tungsteno sódico, que reacciona con cualquier tipo de fenol formando el complejo fosfotungstomolibdico, dando una coloración azul, esto se debe a la reducción del ácido por compuestos fenólicos en solución alcalina. Estos son detectados por espectrofotometría a una longitud de onda de 765 nm (Fogliano *et al.*, 1999). Los resultados obtenidos se expresaron en mg de ácido gálico/g de muestra.

- **Determinación de humedad**

Este método se basa previamente en evaporar de manera continua la humedad de la muestra (Figura 23) y el registro continuo de la pérdida de peso, restándolo hasta que la muestra se sitúe a peso constante (Nollet, 1996). Los resultados se expresan en porcentaje.



Figura 23. Termobalanza

- **Porcentaje de rendimiento**

Para cada método de extracción se determinó el porcentaje de rendimiento para seleccionar las condiciones de extracción de compuestos bioactivos del pepino siguiendo la ecuación siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{M}{E - R} * 100$$

Ecuación 4. Cálculo del rendimiento

Donde:

E = peso en gramos del frasco con el extracto soluble

R = peso en gramos del frasco

M = peso en gramos de la muestra inicial



3.8. Diseño de experimentos

Para determinar el efecto de la temperatura, concentración de solvente y el método de extracción se utilizó un diseño factorial 2^3 donde se consideró estudiar el efecto de los tres factores sobre los fenoles y la capacidad antioxidante y para determinar el efecto de la concentración del extracto de pepino en las gomas adicionadas con este mismo extracto, se utilizó un análisis de varianza ANOVA donde los resultados fueron analizados en el programa de STATGRAPHICS aplicando pruebas de rango múltiple (Duncan), con un intervalo de confianza del 95% determinando así si existe diferencia significativa o no entre los parámetros analizados.



4. Resultados y discusión





4. Resultados y discusión

4.1. Estudio de mercado

Para la parte del estudio de mercado se debieron aplicar un total de 380 encuestas, pero solo se contestaron un total de 260 encuestas de manera electrónica en el municipio de Cuautitlán en el Estado de México con un intervalo de confianza del 95%, rescatando algunas de las preguntas más importantes para conocer como prefirieron las gomitas adicionadas con extracto de pepino. Los resultados de dicha encuesta se muestran en las figuras 24, 25, 26 y 27.

Como se observar en la figura 24 referente al nivel de aceptación que tendría una gomita con extracto de pepino, el porcentaje más alto dentro de las opciones para esta pregunta fue que sí estaban interesados en comprar si saliera al mercado una gomita adicionada con extracto de pepino con un 82% de aceptación, mientras que un 12% fue indicó que no les interesaba comprar un producto con dichas características y por último un 6% contestó que tal vez estarían pensando en comprar dicho producto si saliera al mercado.

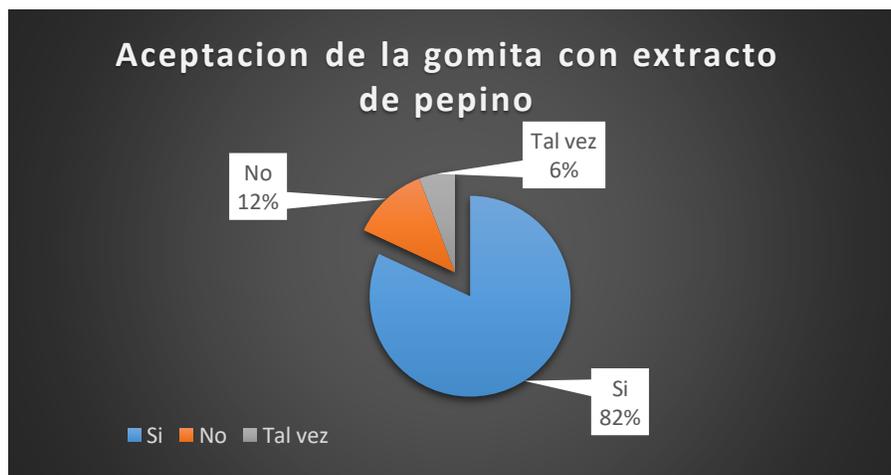


Figura 24. Porcentaje de aceptación de la gomita

La razón por la cual se obtuvo un resultado de aceptación de la gomita adicionada con extracto de pepino podría coincidir con lo mencionado en estudios de THE FOOD TECH (2020); que indica que en México ha habido un aumento de alrededor del 5.4% de ventas de productos como lo son los alimentos funcionales aunado a que los consumidores están cada vez más interesados en productos que no solo satisfagan sus necesidades nutricionales básicas, sino que también brinden beneficios adicionales para su bienestar general.



En cuanto a los atributos que prefieren en un producto los consumidores (figura 25), se obtuvo que el 40% toma en cuenta el sabor, un 30% la apariencia y otro 30% el costo que estos tendrían. Esto podría indicar que el sabor es uno de los factores principales ya que influye en la experiencia de consumo de un producto.

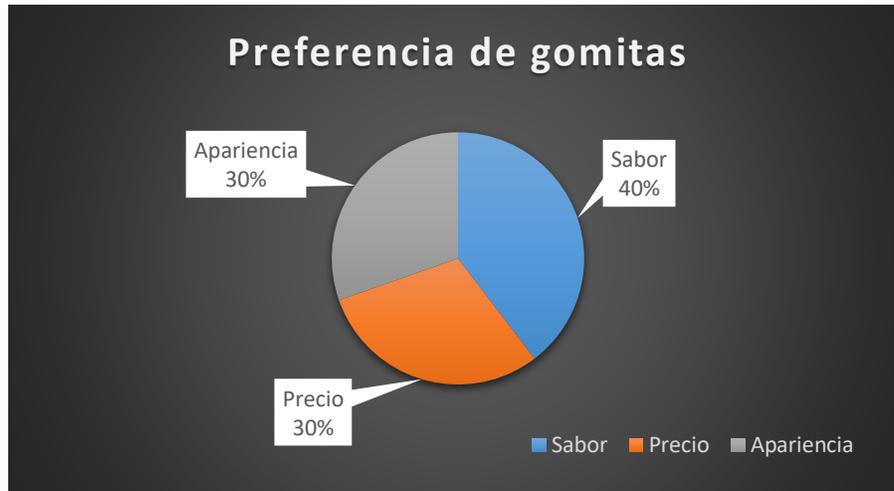


Figura 25. Porcentaje de preferencia de gomitas

El sabor atractivo puede generar una experiencia sensorial placentera y satisfacer los gustos individuales. Además, otra razón por la cual tendrían preferencia al comprar un producto así es por la asociación con placer, ya que las gomitas suelen estar consideradas como un producto indulgente, es decir que tienen sabores irresistibles, ingredientes apetecibles o texturas agradables, y además es una forma de darse un capricho. Los consumidores pueden priorizar el sabor porque desean disfrutar de un momento de placer al comer una gomita. En este caso, el factor de disfrute y satisfacción personal puede superar la consideración del precio y la apariencia como se muestran en los resultados de la encuesta realizadas.

Por otra parte, en referencia a la preferencia de los consumidores potenciales de acuerdo con el tamaño del envase o presentación que tendrían las gomitas se muestran en la figura 26. La mayoría de los encuestados prefieren un paquete mediano con un resultado de 51%, siguiéndole con un 27% la preferencia de un tamaño pequeño y un 22% la preferencia de un tamaño grande en el paquete de gomitas, esto puede deberse al equilibrio entre cantidad y consumo de las gomitas, ya que un paquete mediano puede proporcionar un equilibrio adecuado entre la cantidad de gomitas y el consumo individual.

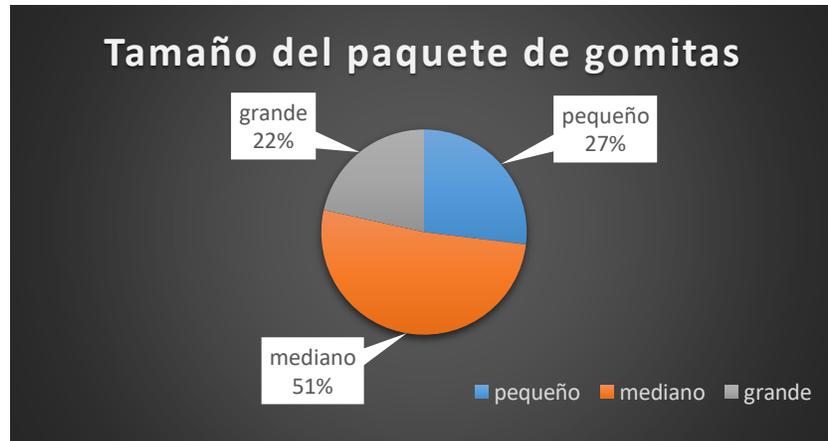


Figura 26. Porcentaje del tamaño de paquete de gomitas

Los consumidores potenciales, a los cuales se les aplicó la encuesta consideraron que un paquete mediano es suficiente para satisfacer sus antojos o disfrutar de un bocadillo sin sentirse abrumados por una cantidad excesiva. Además de cuidar su salud al consumir en menos cantidad este producto. El tamaño mediano puede ser más versátil y portátil en comparación de los demás tamaños, ya que consideran conveniente llevar el paquete de mediano tamaño y que se ajusta a diferentes situaciones, como el sería llevarlo en la bolsa o disfrutarlo mientras está uno fuera de casa, escuela o trabajo.

Referente a la forma en que preferirían los consumidores las gomitas como se puede observar en la figura 27, la opción que obtuvo una mayor aceptación fue la de tener formas de animales con un 39% de aceptación; seguido de la opción de forma de frutas con un 32% y las que obtuvieron una menor aceptación fueron las de formas alargadas y redondas con un 17% y 12%, respectivamente.



Figura 27. Porcentaje de formas de las gomitas



Dichos resultados pueden deberse al atractivo visual, ya que las formas de animales y frutas suelen ser atractivas y divertidas para los consumidores de todas las edades. Estas formas coloridas y reconocibles pueden despertar el interés de los consumidores, especialmente de los niños y aquellos que buscan una experiencia lúdica al comer gomitas. También las formas de animales y frutas pueden provocar asociaciones positivas en la mente de los consumidores. Los animales pueden transmitir una sensación de ternura y diversión mientras que las frutas están relacionadas con la frescura y la naturaleza saludable. Estas asociaciones positivas pueden influir en la elección de las formas de las gomitas, ya que los consumidores pueden percibir las formas como más amigables, agradables y emocionalmente satisfactorias (Strahler & Nater, 2018).

4.2 Caracterización del pepino y prueba de cantidad de fenoles totales y capacidad antioxidante a la harina de pepino.

Para conocer el rendimiento para obtener harina de pepino se separaron las semillas, la cáscara y la pulpa de 1.280 Kg de pepino y se pesaron antes y después de ser llevado al proceso de secado. Los resultados se muestran en la tabla 13.

Tabla 13. Evaluación del rendimiento de las partes del pepino después de la deshidratación

Rendimiento (%)	
Semilla	4.65
Cáscara	20.68
Pulpa	3.29

Se pudo apreciar una baja considerable en el peso de los componentes del pepino en semilla, cáscara y pulpa teniendo rendimientos bajos en cada uno de ellos debido a que se les llevó a un proceso de secado a 65°C por alrededor de 24 horas teniendo como principal efecto la evaporación del agua en cada componente, haciendo que el peso se redujera. Martínez Frías (2012) menciona que el contenido de agua en el pepino es de alrededor del 95% siendo uno de los componentes químicos más altos dentro de esta hortaliza, se pudo



apreciar en los resultados que en donde se concentra la mayor cantidad de agua es en la pulpa, ya que se redujo en más de un 70% en comparación de su peso inicial.

En la tabla 14 se muestran el contenido de fenoles, las capacidades antioxidantes y el porcentaje de humedad de la harina de pepino.

Tabla 14. Contenido de fenoles totales, capacidad antioxidante y porcentaje de humedad en la harina de pepino.

Harina de pepino	
Fenoles totales (mg Ac. gálico/g pepino)	2247.63 ± 4.61
Capacidad antioxidante (mM Trolox/g pepino)	11.47 ± 2.17
Humedad (%)	4 ± 0.089

El contenido de fenoles totales fue de 2247.63 mg Ac. gálico/g pepino, el cual es mayor que lo obtenido para la capacidad antioxidante 11.47 mM Trolox/g pepino. Los compuestos fenólicos se correlacionaron de forma inversa con su actividad antioxidante comparando nuestros resultados con los obtenidos por Shariff *et al.* (2021) quienes estudiaron pepinos maduros y semimaduros cultivados en las tierras altas de Kundasang en Sabah, Malasia, los cuales se cortaron en rodajas y se les dejó en un gabinete de secado a 40 °C durante 1 semana hasta que se secaron y quedaron crujientes, posteriormente se molieron los pedazos hasta obtener un polvo fino. Obtuvieron resultados para compuestos fenólicos totales de 352.68 ± 33.24 y 155.69 ± 17.04 mgg⁻¹GAE y capacidad antioxidante de 160.78 µg/mL por el método DPPH, estos resultados son diferentes a los obtenidos en nuestra experimentación pero son similares en cuanto a que el trabajo antes mencionado reportó que los compuestos fenólicos se correlacionaron inversamente con su capacidad antioxidante, esto puede ser debido a varios factores como el tipo de fenoles, ya que no todos los fenoles tienen propiedades antioxidantes. Algunos tipos de fenoles pueden tener actividades antioxidantes más bajas o incluso prooxidantes en ciertas condiciones. En el trabajo de Karuppagounder *et al.* (2016) señalan que la medida del contenido total de compuestos fenólicos en una muestra no siempre proporciona una representación precisa de su capacidad antioxidante, a menos que se esté midiendo la cantidad absoluta de



antioxidantes presentes. Es importante destacar que no todos los fenoles muestran propiedades antioxidantes, y que la actividad antioxidante no se limita exclusivamente a los compuestos fenólicos. Con respecto al contenido de humedad se obtuvieron valores adecuados (4%) con lo cual podemos asegurar que después del proceso de secado y molienda se obtuvo una harina de pepino ya que de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-247-SSA1-2008 para que sean llamadas harinas estas deben de tener un porcentaje de humedad de menos del 10%, Las condiciones de secado a una temperatura de 65°C por un tiempo de proceso de 24 horas permiten obtener valores menores al 10% de humedad.

4.3 Rendimientos de la extracción por maceración y ultrasonido

Para la obtención de los rendimientos se presentan los resultados correspondientes a cada una de las extracciones en la Figura 28 para maceración y en la Figura 29 para ultrasonido.

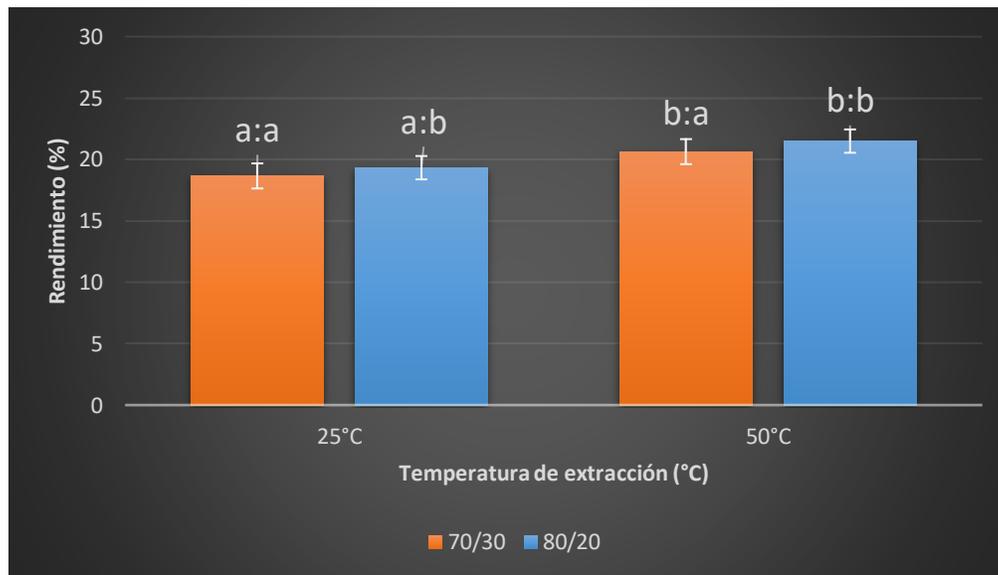


Figura 28. Rendimiento del proceso de extracción de compuestos bioactivos de pepino obtenido por el método de maceración. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente

En la figura 28 se muestran los rendimientos obtenidos para la extracción de maceración. Se observa que el mayor rendimiento se obtuvo al utilizar una temperatura de 50 °C en comparación con la temperatura de 25 °C. Además de que la concentración de etanol-agua a 80:20 tuvo los rendimientos más altos, tanto para 25 como para 50 °C. Al comparar estos resultados con el trabajo de Wong-paz *et al.* (2020), quienes reportan rendimientos para la extracción por maceración de 29.28 % en frutos cítricos, utilizando temperaturas de 17 a 20



°C y tiempo de maceración que utilizaron fue de 8 horas, se tiene que los comportamientos son distintos y por ende se tuvieron resultados diferentes, ya que en el presente trabajo se utilizaron 6 horas. Es importante señalar que el tiempo es una de las variables más importantes dentro de los métodos de extracción, ya que puede afectar a la eficiencia y a la cantidad de compuestos extraídos, en general, un tiempo de extracción más largo permite un mayor equilibrio entre la muestra y el disolvente; a medida que el tiempo de extracción se prolonga, los disolventes tienen más tiempo para penetrar y disolver los compuestos de interés en la muestra y esto resulta en una mayor eficiencia, otra variable importante es la concentración de disolvente utilizado ya que no se indica la cantidad utilizada por Wong-paz *et al.* (2020) y es importante ya que puede influir en la capacidad de disolver los compuestos deseados en la muestra; a una concentración más alta el disolvente tiene una mayor capacidad para solubilizar los componentes de interés traduciéndose en una extracción más eficiente y esto se ve reflejado en que las extracciones por maceración los resultados más altos usando cualquiera de las temperaturas fueron para las concentraciones de etanol-agua a 80:20.

El rendimiento para la extracción de compuestos bioactivos de pepino por ultrasonido se muestra en la Figura 29. Los rendimientos más altos fueron para las temperaturas de 50 °C en comparación con las de 25 °C debido a que la temperatura influye en el rendimiento de los métodos de extracción puesto que influye en la velocidad a la que los compuestos se extraen de la muestra. En general un aumento de la temperatura acelera la velocidad de extracción al aumentar la velocidad de difusión y la solubilidad de los compuestos en el disolvente. Los resultados obtenidos por Wong-paz *et al.* (2020) para extracción de compuestos de frutos cítricos asistida por ultrasonido en un tiempo de 30 minutos y utilizando etanol al 100 %, no coinciden con la presente investigación ya que ellos obtuvieron valores de rendimiento de 40.90 %, lo anterior se explica nuevamente porque son materias primas diferentes ya que uno son frutos cítricos y otro es pepino, por otra parte el disolvente que utilizan Wong-paz *et al.* (2020), es etanol en una concentración de 100 % y como se dijo anteriormente la concentración de disolvente puede determinar una mayor o mejor eficiencia en las extracciones además el simple hecho de utilizar etanol condiciona a que algunos compuestos puedan tener una mayor solubilidad en etanol puro que en una mezcla etanol: agua como la que se usó en esta experimentación. Debido a que algunos compuestos son más polares y se disuelven mejor en un disolvente orgánico no polar como el etanol y así obtienen mejores rendimientos.

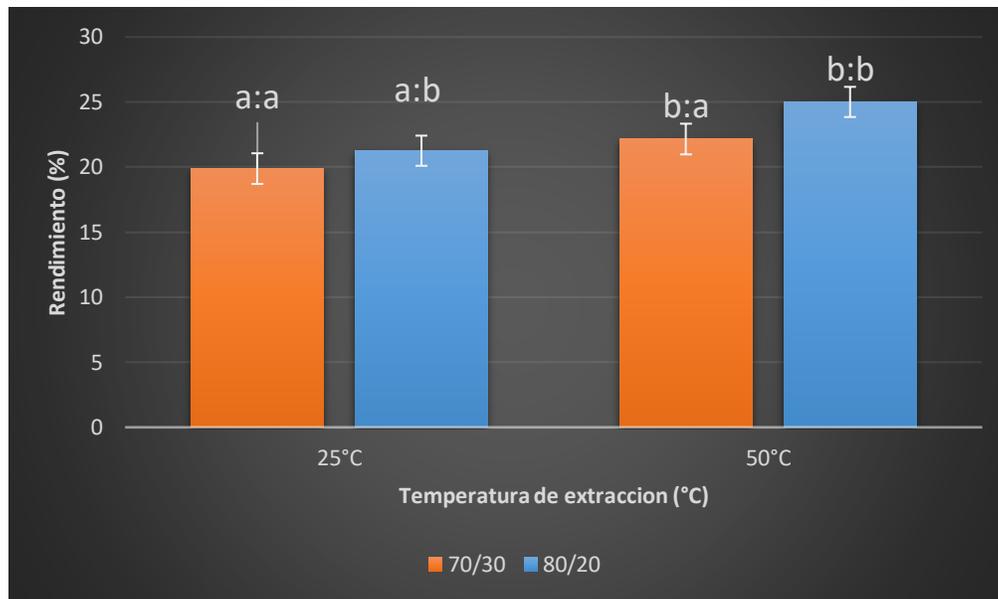


Figura 29. Rendimiento del proceso de extracción de compuestos bioactivos de pepino obtenido por el método de ultrasonido. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente.

4.4. Cuantificación de fenoles totales en las extracciones por maceración y ultrasonido

Los resultados obtenidos de la determinación de fenoles totales correspondiente a la extracción de compuestos bioactivos por maceración se presentan en la figura 30.

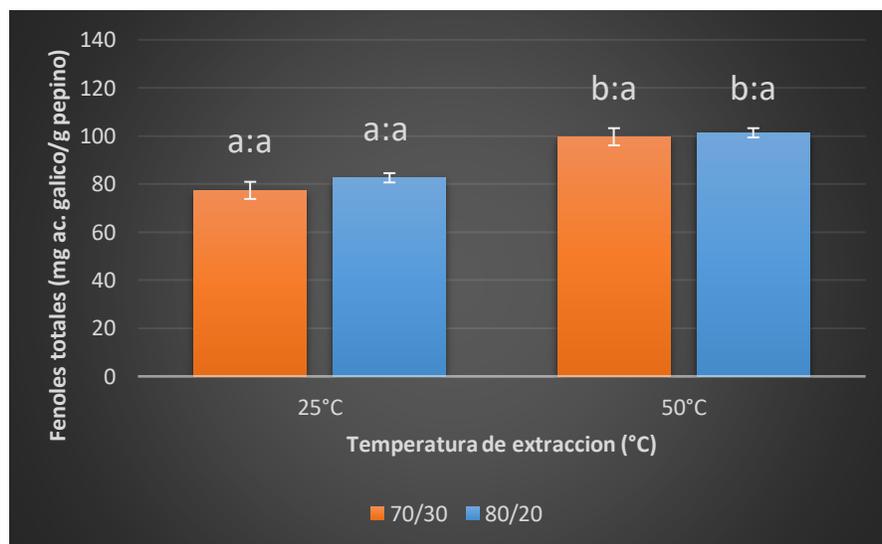


Figura 30. Cuantificación de fenoles totales del extracto de compuestos bioactivos de pepino por el método de maceración. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente.



El contenido de fenoles totales en los extractos de pepino utilizando el método de extracción por maceración presentó una mayor cantidad de estos compuestos cuando la temperatura fue de 50 °C en comparación con la de 25°; como se dijo con anterioridad la temperatura es clave en la extracción de compuestos bioactivos, acelerando procesos, pero temperaturas muy altas pueden degradarlos. Además, aumentar la temperatura hace que ciertos componentes, como los fenoles, sean más fácilmente extraíbles. Otra de las variables en las que repercute la temperatura es que, al aumentar, influye en las interacciones entre la matriz de la muestra en este caso el pepino y el disolvente. Según Boeing *et al.*, (2014) es posible mejorar la penetración del disolvente en la matriz y la liberación de los componentes bioactivos y esto cobra más relevancia, ya que en la extracción de componentes bioactivos de matrices vegetales la temperatura ayuda a romper las estructuras celulares y facilitar la liberación de los compuestos de interés, en este caso los compuestos fenólicos almacenados en el pepino. Lo que también se puede observar en la figura 30 es que a mayor concentración de etanol-agua (80:20) se tiene una mayor cantidad de compuestos fenólicos en ambas temperaturas debido a que como se abordó anteriormente la concentración de etanol ayuda a tener una mayor solubilidad debido a que ciertos compuestos son más polares y se disuelven mejor en etanol y por tanto se pueden extraer más compuestos fenólicos de la muestra de harina de pepino.

Los fenoles totales para la extracción por ultrasonido (Figura 31) muestran una diferencia notable entre utilizar las dos temperaturas de 50 °C y 25 °C, este fenómeno puede estar relacionado con que la temperatura ayuda en gran medida a aumentar la velocidad de extracción de los compuestos fenólicos, ayuda también en la solubilidad de los mismos compuestos haciendo que estos se vuelvan más solubles para la extracción, de igual forma el ver que las concentraciones con mayor contenido de etanol son las que tienen mayores resultados de extracción de compuestos fenólicos estos resultados se deben a que al ajustar la concentración de disolvente, es posible mejorar su penetración en la matriz vegetal ya que afecta directamente la ruptura de la estructura celular y por lo tanto libera los compuestos fenólicos de dicha matriz.

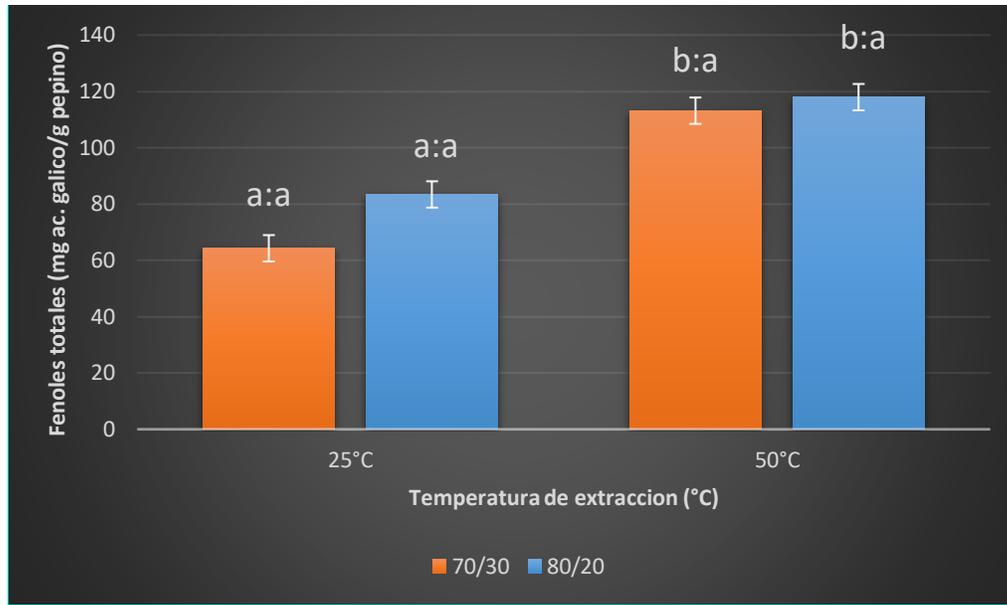


Figura 31. Cuantificación de fenoles totales presentes en el extracto de pepino obtenido por el método de ultrasonido. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente.

Cabe también destacar que el hecho de obtener estos resultados también es debido al fenómeno que ocasiona la extracción por ultrasonido, ya que según en el trabajo de Kumar *et al.* (2021) la energía ultrasónica genera cavidades de vapor y burbujas en la muestra, lo que crea cambios de presión y turbulencias en el medio de extracción, estos fenómenos promueven una mayor dispersión y agitación de las partículas de la muestra, lo que mejora la transferencia de los compuestos fenólicos en la harina de pepino al solvente, también ayuda a aumentar la solubilidad ya que se generan microcorrientes y microcavitaciones que ayudan a romper las estructuras celulares y por lo tanto liberan los compuestos fenólicos.

4.5 Cuantificación de capacidad antioxidante en las extracciones por maceración y ultrasonido.

Una vez obtenidos los resultados de fenoles totales de los diferentes extractos, se procedió a analizarlos en diferentes condiciones de temperatura y concentración de disolventes, en primer lugar, se realizó la extracción por el método de maceración y después por el método de ultrasonido. En la figura 32 se presentan los resultados correspondientes a la cuantificación de capacidad antioxidante en el extracto de pepino por el método de maceración.

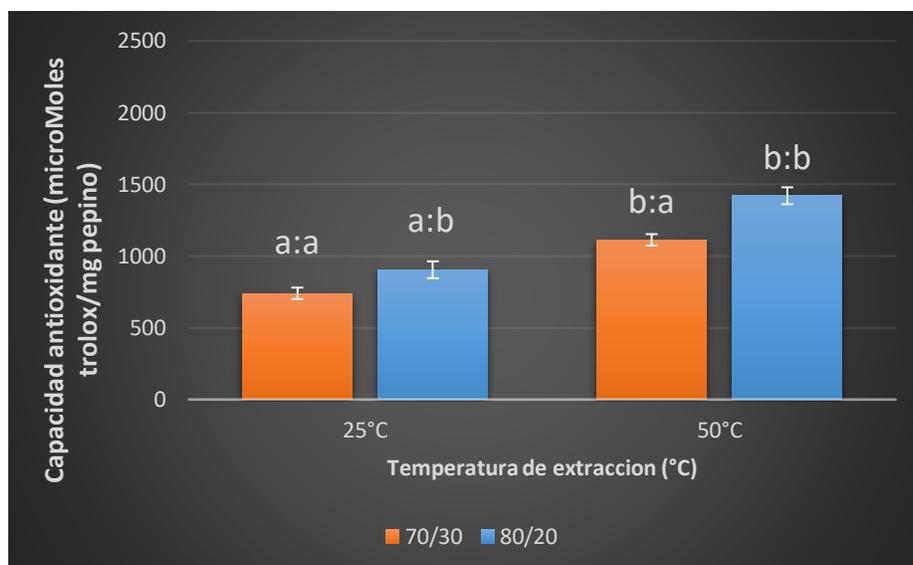


Figura 32. Capacidad antioxidante del extracto de pepino obtenido por el método de maceración. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente.

Los extractos obtenidos a una temperatura de 50 °C con una concentración 80:20 de disolvente etanol: agua durante 6 horas de proceso presentaron la mayor capacidad antioxidante (1420.7912 μ M Trolox/mg de pepino), con respecto a los extractos obtenidos en la temperatura de 25 °C y concentración 70:30 de etanol: agua como disolvente, por lo que se deduce que al incrementar la temperatura durante la extracción la capacidad antioxidante resulta ser mayor. También se puede deducir que el disolvente resulta ser de gran ayuda para la extracción de estos compuestos bioactivos ya que influye en la extracción selectiva de compuestos antioxidantes, en algunos casos, una mayor concentración de etanol puede favorecer la extracción de ciertos compuestos bioactivos específicos presentes en el material vegetal, lo que podría aumentar la capacidad antioxidante del extracto. También lo que se deduce es que, al tener una mayor concentración de etanol, éste ayuda a preservar la estabilidad de los compuestos antioxidantes durante la extracción, ya que el etanol actúa como conservante natural, evitando la degradación y la oxidación de los compuestos presentes en el material vegetal, lo que podría mantener la capacidad antioxidante del extracto a un nivel más alto. Los resultados obtenidos pueden ser explicados de investigaciones como la de Che Sulaiman *et al.* (2017) en donde indica que el disolvente ayuda a extraer los compuestos de interés, además, indica que al aumentar la temperatura aumenta la velocidad de transferencia de los compuestos bioactivos al disolvente, lo que claramente se puede ver en la figura 32; ya



que los mayores resultados de capacidad antioxidante para las temperaturas de 50 y 25 °C fueron usando la concentración de etanol: agua más elevada.

Para la parte la capacidad antioxidante de los extractos de pepino obtenidos por el método de ultrasonido (Figura 33) registraron menores valores a 25°C; encontrándose que a temperatura de 50°C utilizando la mezcla de etanol: agua de 80:20, los valores fueron los más alto de entre todos (2177.838 μM de Trolox/ mg de pepino).

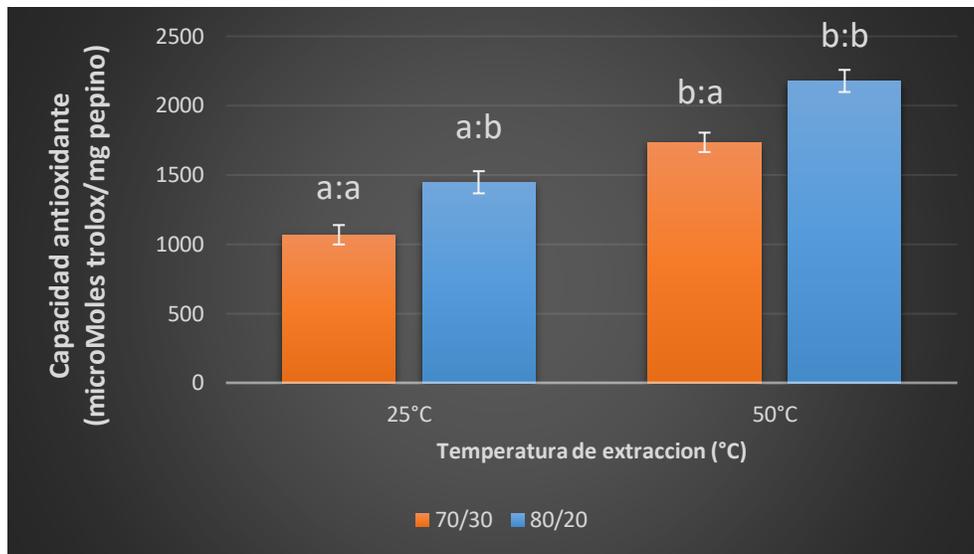


Figura 33. Capacidad antioxidante del extracto de pepino obtenido por el método de ultrasonido. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por temperatura. La segunda letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de disolvente.

Yunusa *et al.* (2018) donde determinaron capacidad antioxidante del pepino en varias partes como la cáscara, semilla, pulpa y el pepino entero, obtuvieron resultados para el pepino entero de 20.18 μM trolox/g de pepino y haciendo la conversión a las mismas unidades se tiene un valor de 20180 mM trolox/mg de pepino, estos resultados pueden deberse a que en el trabajo no realizaron el proceso de secado del pepino, este fue usado en fresco y como lo marca en el trabajo de Mphahlele *et al.* (2016) el llevar un alimento por el proceso de secado influye en la cantidad de compuestos antioxidantes, ya que estos son sensibles al calor y pueden degradarse o perder sus propiedades antioxidantes a temperaturas altas, además de que el tiempo de exposición a la que está sometido el producto cuando pasa por dicho proceso va degradando aún más dichos compuestos. Por último, lo que se observa en las figura 32 y 33 fue que los valores más elevados fueron usando el método de extracción por ultrasonido en comparación con el método por



maceración, por lo que se deduce que la forma en cómo opera el método por ultrasonido es mejor; ya que una de las diferencias que tiene con respecto a la maceración es que el ultrasonido genera ondas de alta frecuencia que generan cavitación, lo que provoca fuerzas físicas intensas que ayudan a romper las paredes celulares y así liberar los compuestos antioxidantes atrapados en las células vegetales del pepino y, por lo tanto, al no proporcionar este efecto la maceración no logra la misma eficacia de extracción.

4.6 Cuantificación de fenoles totales en las gomitas adicionadas con extracto de pepino

Los resultados obtenidos de fenoles totales correspondientes de cada una de las concentraciones de extracto de pepino añadidas a las gomitas se presentan en la figura 34.

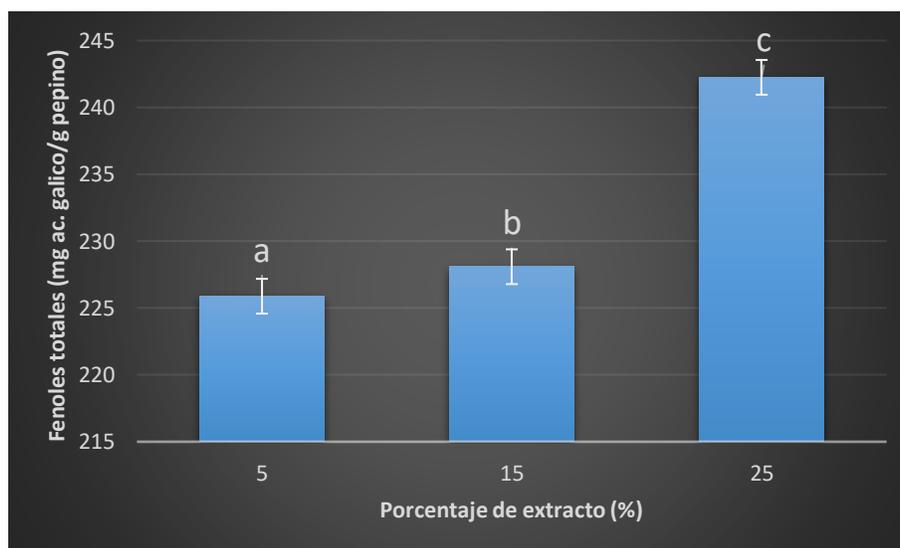


Figura 34. Fenoles totales presentes en la gomita adicionada con diferentes porcentajes extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de extracto.

Las gomitas adicionadas con 25 % de extracto de pepino presentaron los valores más altos con 242.249 mg de ácido gálico/g de pepino, con respecto a las demás concentraciones (15 y 5 %), por lo que se deduce que a mayor cantidad de concentración de extracto de pepino mayor será el contenido de fenoles debido a que se agregó una mayor cantidad de extracto de pepino en la formulación de las gomitas, lo que lleva a una mayor capacidad antioxidante en comparación con una menor concentración de extracto de pepino. Contrastando los resultados obtenidos con los resultados de Rodríguez-Zevallos *et al.*,



2018) quienes determinaron el contenido de fenoles para caramelos de goma con extracto de jengibre y miel, donde obtuvieron valores de 163.46 a 176.06 mg de ácido gálico/g de muestra, si bien estos valores no son iguales debido a que no se partió de la misma materia prima (se utilizó jengibre), que es conocido por ser una planta con propiedades antioxidantes al igual que la miel. En dicho trabajo no se especifica con claridad la variedad de los productos utilizados, ya que esta variable puede determinar el que un producto tenga más o menos cantidad de fenoles. Por otra parte, el método de elaboración del caramelo de goma es distinto al que se realizó con las gomitas con extracto de pepino ya que en el trabajo de los caramelos añaden el extracto de jengibre cuando la temperatura es de 85 °C en cambio para las gomitas se añadió el extracto de pepino a una temperatura de 80 °C, si bien no es una gran diferencia, el que se añada a una temperatura más alta influye en el contenido de fenoles ya que estos son sensibles a la temperatura, pero al final se concluyó de igual forma que a mayor concentración de extracto en los caramelos de goma o en gomitas la cantidad que se obtiene en cuanto a fenoles totales será mayor que con respecto a las demás concentraciones.

4.7 Cuantificación de capacidad antioxidante en las gomitas adicionadas con extracto de pepino.

La capacidad antioxidante correspondientes a cada una de las concentraciones de extracto de pepino añadidas a las gomitas se presentan en la figura 35.

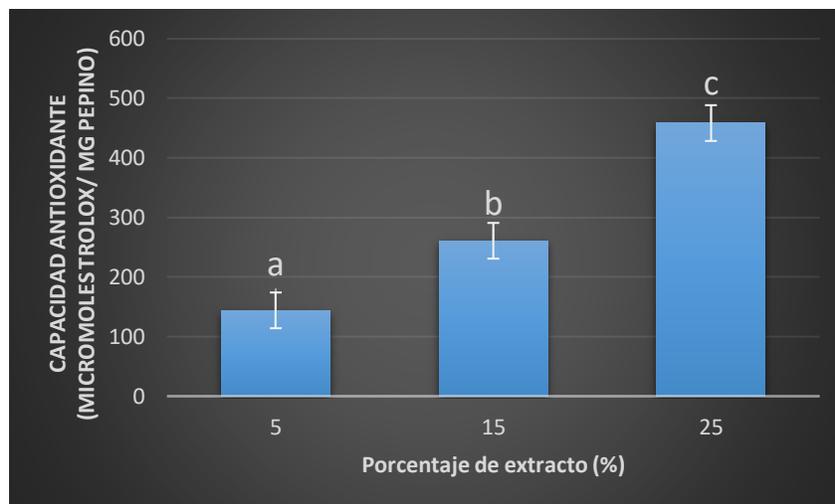


Figura 35. Capacidad antioxidante de la gomita adicionada con diferentes porcentajes de extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de extracto.



Como se puede observar en los resultados de capacidad antioxidante en las gomitas con diferentes porcentajes de extracto de pepino (25, 15 y 5 %), se encontró que el valor más alto obtenido fue para la gomitas adicionadas con 25 % de extracto con valores de 458.435 μM trolox/mg de pepino, al comparar estos resultados con el trabajo de Teixeira-Lemos *et al.* (2021) donde desarrollaron gominolas a base de frutas naturales añadiéndoles miel y midieron su capacidad antioxidante con un resultado de 50.4 mg TE/g de producto en gominolas con naranja y miel, que al llevarlas a las misma unidades da como resultado de 50400 mg TE/mg de producto y para la mezcla de bayas de 83.7 mg TE/g de producto y nuevamente haciendo la conversión a las mismas unidades nos da un valor de 83.700 mg TE/mg de producto, estos resultados se deben a que las bayas son conocidas por su alto contenido en compuestos fenólicos, y particularmente en antocianinas, con una alta capacidad antioxidante, además se explica también el que son diferentes los resultados en capacidad antioxidante de las gominolas con las gomitas de pepino es que en la elaboración de las gominolas utilizan temperaturas de 70°C y al terminarlas estas se refrigeran en condiciones de 4°C durante 24 horas y después se utilizaron para la determinación de capacidad antioxidante. En la elaboración de gomitas de pepino se utilizaron temperaturas de 85°C y no se refrigeraron y como se vio con anterioridad los compuestos antioxidantes son sensibles a las temperaturas altas y la refrigeración por un tiempo largo antes de determinar su capacidad antioxidante ayudó a retrasar la degradación de estos compuestos.

4.8 Evaluación sensorial (adultos y niños)

En el presente trabajo se utilizó un panel de 30 personas adultas y 30 niños donde se evaluaron las características de olor, color, sabor textura y aceptabilidad de las gomitas adicionadas con extracto de pepino. Para los resultados en cuanto a la propiedad de olor en la encuesta realizada a los adultos (Figura 36) el porcentaje de 15 % de extracto de pepino añadida a las gomitas resultó ser la de mejor aceptación ya que tiende a la escala de la encuesta de “me gusta muchísimo” en comparación con los demás porcentajes que tienden a la escala de la encuesta de “me gusta moderadamente”.

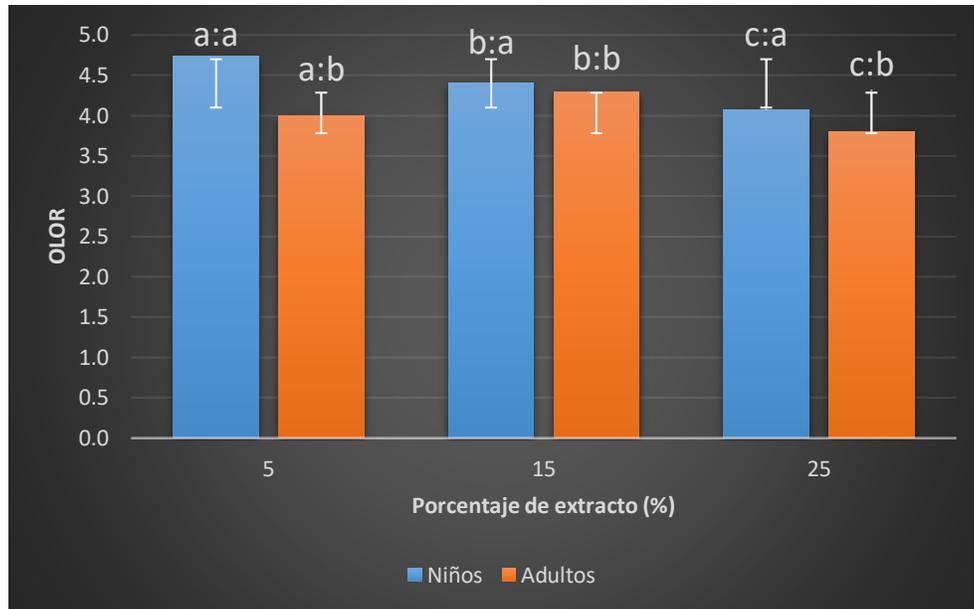


Figura 36. Análisis sensorial en adultos y niños referentes al atributo de olor en las gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p < 0.05$) por concentración de extracto y la segunda por edad.

Ahora bien, los resultados obtenidos del análisis sensorial realizado a los niños (Figura 36) muestran que la gomita adicionada con 5 % de extracto de pepino tuvo una calificación de “me gusta muchísimo”, los demás porcentajes obtuvieron calificaciones de “me gusta moderadamente”. Los resultados para adultos puedan deberse a que los participantes hayan considerado que el porcentaje de extracto de 15 % proporcionaba un equilibrio adecuado en términos de intensidad de olor. Un olor demasiado fuerte, como el de 25 %, puede resultar abrumador y afectar negativamente la experiencia sensorial. Por otro lado, un porcentaje del 5 % puede percibirse como demasiado débil y no ofrecer la experiencia aromática deseada. En cuanto a los resultados obtenidos en la encuesta de los niños pueden deberse a que el extracto de pepino utilizado en al 5 % puede haber proporcionado un olor suave y sutil en comparación con los otros porcentajes. Además, es posible que los niños estuvieran más familiarizados con el olor a limón de la gomita, esto podría haber hecho que la gomita con un 5% de extracto de pepino fuera más reconocible y agradable para los niños que los olores de uva y naranja utilizados en los porcentajes de 25 y 15 % de las gomitas.

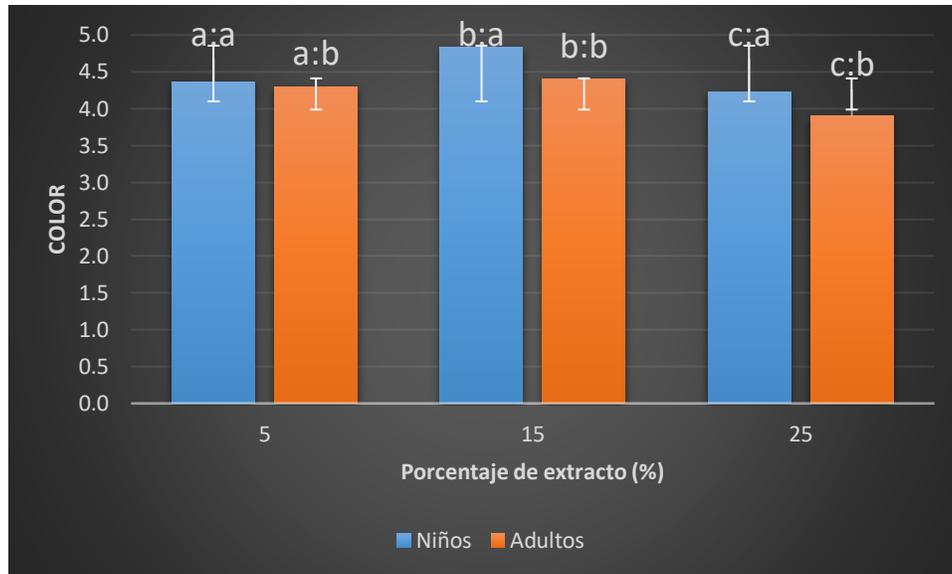


Figura 37. Análisis sensorial en adultos y niños referente al atributo de color de las gomitas adicionadas con diferentes porcentajes extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de extracto y la segunda letra por edad.

Los resultados obtenidos para la propiedad de color contestada por los adultos (Figura 37) muestran que las gomitas adicionadas con 5 y 15 % de extracto de pepino obtuvieron mejores evaluaciones con tendencia en la encuesta de “me gusta moderadamente” con respecto al porcentaje de 25 % de extracto de pepino que obtuvo valores con tendencia “No me gusta ni me disgusta”. En cuanto a los resultados de la encuesta para los niños (Figura 37), muestra que las gomitas adicionadas con 5 y 15 % de extracto de pepino obtuvieron los mejores resultados con calificaciones de “me gusta muchísimo” con respecto al porcentaje de 25 % que obtuvo calificación de “me gusta moderadamente” por los niños. Estos valores en la encuesta de adultos pueden deberse a que los colores que se eligieron para la gomita con 25% de extracto fue el morado y para los porcentajes de 15 y 5% fueron verde y naranja respectivamente; ya que estos últimos suelen ser más brillantes y vibrantes en comparación con el color morado. Los colores llamativos pueden ser más atractivos a nivel visual y generar una mayor puntuación a las gomitas. Además, el verde y el naranja están frecuentemente asociados con sabores y aromas frescos en comparación con el morado. Estas asociaciones pueden generar expectativas positivas en los consumidores sobre el color de las gomitas. Por último, analizando los valores obtenidos en la encuesta hecha por los niños, pueden deberse a que los colores que se eligieron para la gomita del 25 % de extracto adicionado fue el morado y para los porcentajes de 15 y 5 % fueron los colores verde y naranja respectivamente; ya que los colores verde y naranja suelen ser más



brillantes y vibrantes en comparación con el color morado. Estos colores llamativos pueden ser más atractivos a nivel visual y generar una mayor puntuación a las gomitas. Además, los colores verde y naranja están frecuentemente asociados con sabores y aromas frescos en comparación con el morado. Estas asociaciones pueden generar expectativas positivas en los consumidores sobre el color de las gomitas.

Los resultados que se obtuvieron de la encuesta realizada a los adultos para la propiedad de sabor (Figura 38) muestran que las gomas adicionadas con un 15 y 5 % de extracto de pepino resultaron ser las mejor evaluadas con tendencia a “me gusta muchísimo” seguidas de la gomita adicionada con 25 % de extracto con tendencia de “me gusta moderadamente”.

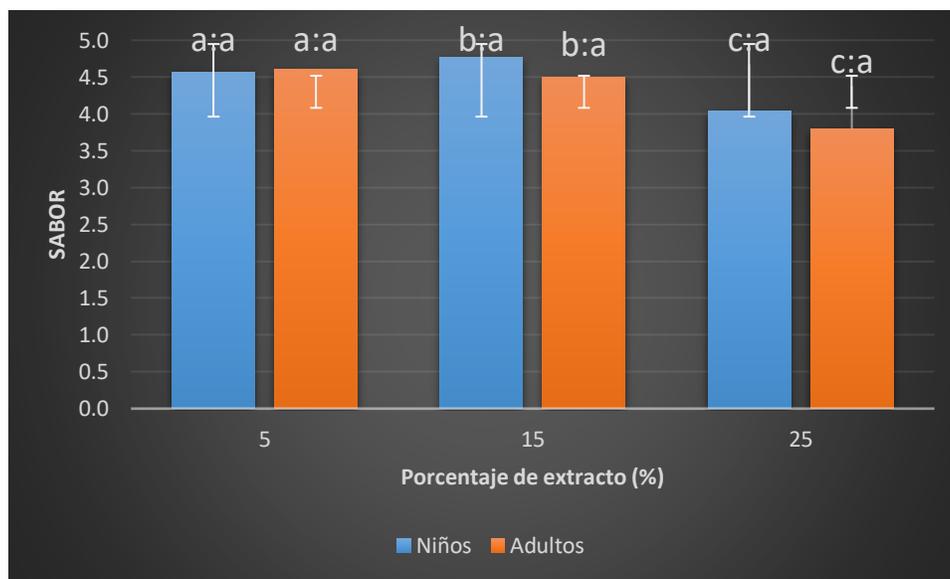


Figura 38. Análisis sensorial en adultos y niños referente al atributo de sabor en gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p \leq 0.05$) por concentración de extracto y la segunda por edad.

Ahora bien, los resultados que se obtuvieron de la encuesta a los niños (Figura 38) dan como mejor calificadas (“me gusta muchísimo”), a las gomitas adicionadas con 15 y 5 % de extracto de pepino con sabor a naranja y limón en comparación con la gomita con 25 % con sabor a uva. Los valores obtenidos en la encuesta de adultos se compararon con los del trabajo de Álvarez *et al.* (2010), quienes encontraron que el sabor y dulzor de la miel de abeja multifloral ayudaron a enmascarar el extracto de menta y eucalipto en caramelos de goma permitiendo una mayor aceptabilidad de las gomas, en nuestra investigación ocurrió lo mismo, ya que las concentraciones con una menor cantidad de extracto de pepino obtuvieron mejores calificaciones en comparación con la concentración de 25% de extracto



esto debido a que la concentración de 25% puede haber sido percibida como demasiado intensa y abrumadora, lo que afectó negativamente la experiencia del sabor. La alta concentración puede haber dominado los otros sabores presentes en la gomita o haber generado un sabor desequilibrado que no fue del agrado de los panelistas. En cambio, los porcentajes de 15 y 5 % pueden haber ofrecido un mejor equilibrio de sabores en las gomitas ya que al tener menos extracto, permitieron que el sabor se mezclara de manera más armoniosa con los demás ingredientes como los edulcorantes y saborizantes que se emplearon. Por último, al analizar los resultados de la encuesta de niños, estos se pueden deber a que el sabor naranja y verde podría haber sido mejor calificados porque los niños percibieron que los sabores en conjunto con el extracto de pepino en esos porcentajes se complementaban bien con los sabores de naranja y verde. Por otra parte, también pudo influir la alta intensidad de sabor obtenida en la gomita sabor uva con 25% de extracto de pepino, lo que resultó en un sabor más intenso y abrumador para algunos niños ya que un sabor muy fuerte puede ser desagradable para ciertos individuos y afectar negativamente la calificación.

Los resultados para la propiedad de textura de las gomitas a los diferentes porcentajes de extracto obtenidos de la encuesta realizada a los adultos (Figura 39) se observa que a 25 y 15 % de extracto de pepino obtuvieron calificaciones de “Me gusta moderadamente” con respecto de la concentración de 5% que obtuvo calificaciones de “no me gusta ni me disgusta”.

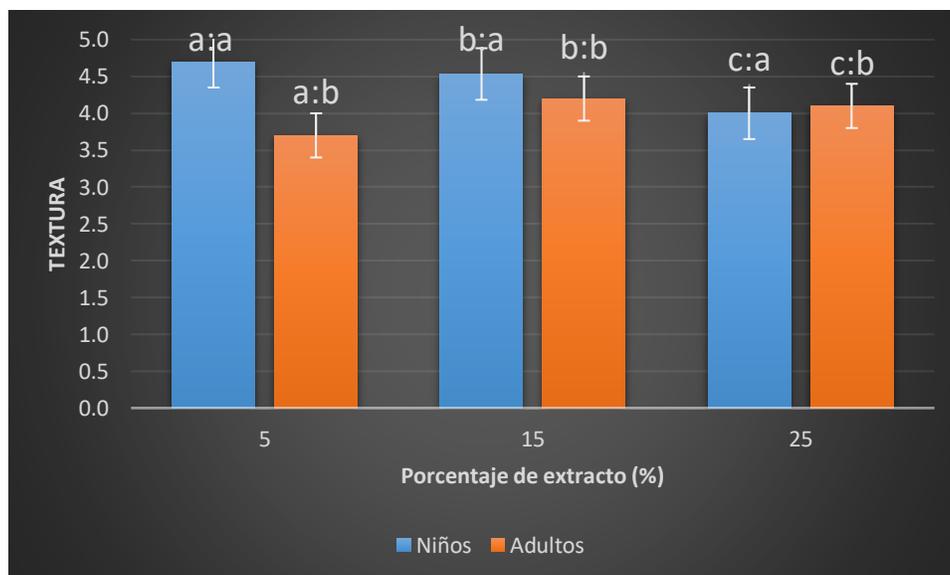


Figura 39. Análisis sensorial en adultos y niños de la propiedad textura de gomitas adicionadas con diferentes porcentajes de extracto de pepino. La primera letra diferente



representa diferencia significativa ($p < 0.05$) por concentración de extracto y la segunda por edad.

Los resultados obtenidos del análisis sensorial en niños para textura (Figura 39), dan como mejor calificada a la gomita con un porcentaje de extracto de 5 y 15 % respectivamente con una calificación de “me gusta muchísimo” seguida de la de 25 %, con la calificación “me gusta moderadamente”. En cuanto a los resultados obtenidos en la encuesta de los adultos comparándolos con el trabajo de Rodríguez-Zevallos *et al.* (2018) quienes evaluaron la textura de caramelos de goma adicionadas con diferentes concentraciones de extracto de jengibre, ellos concluyeron que a mayor proporción de extracto mejores calificaciones para la propiedad de textura, las concentraciones más altas de extracto de jengibre que emplearon fueron de 41.7 y 25% respectivamente, se observa que nuestros resultados son similares ya que como se había mencionado, los porcentajes más altos de extracto de pepino obtuvieron mejores calificaciones con respecto a los porcentajes más bajos. Además, la textura juega un papel importante en la percepción general de la calidad. Las gomitas con una textura más firme y consistente pueden ser percibidas como productos de mayor calidad en comparación con las que tienen una textura más suave o menos definida y esto puede haber influido en las calificaciones de los consumidores.

Los resultados obtenidos del análisis sensorial en niños pueden deberse a que pueden haber tenido expectativas previas sobre la textura de las gomitas basadas en su experiencia en productos similares. Si la textura de las gomitas de 15 y 5% de extracto de pepino coincidió más con sus expectativas, es probable que las hayan calificado mejor en la encuesta. Por otro lado, la textura de la gomita puede influir en la sensación en boca y como se deshace o se mastica. Los niños podrían haber preferido la sensación en la boca que proporcionaban las gomitas de concentraciones de 15 y 5 % ya que proporcionaba una experiencia agradable y satisfactoria para ellos.

Por último, los resultados sobre la aceptabilidad de las gomitas a diferentes porcentajes de extracto realizadas a los adultos (figura 40) muestran una clara preferencia de los consumidores por las gomitas de concentraciones de 15 y 5% de extracto de pepino con calificaciones con tendencia a “Me gusta muchísimo” en comparación de la concentración de 25% con tendencia a “No me gusta ni me disgusta”.

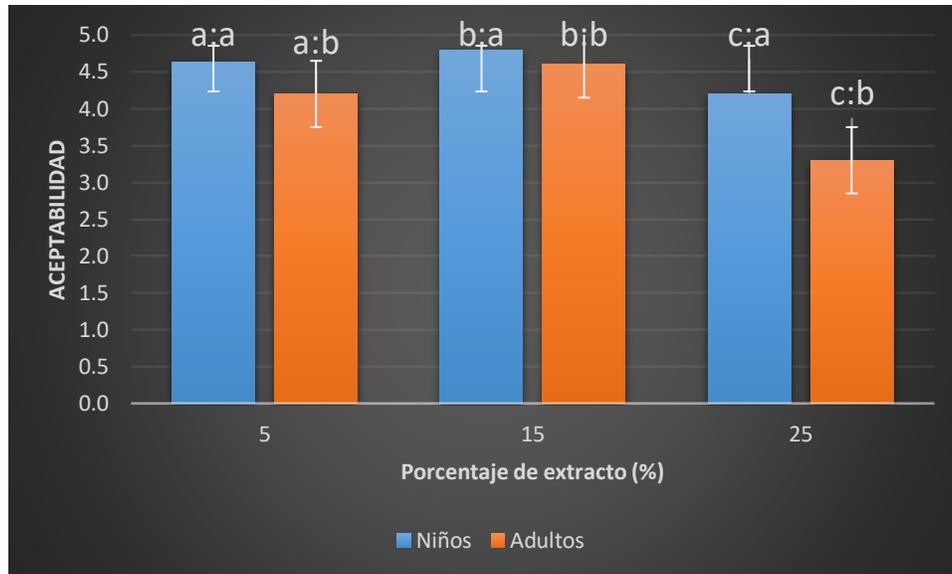


Figura 40. Análisis sensorial en adultos y niños de la aceptabilidad de la gomita adicionada con diferentes porcentajes de extracto de pepino. La primera letra diferente representa diferencia significativa ($p < 0.05$) por concentración de extracto y la segunda por edad.

Los resultados que se obtuvieron en la encuesta hecha por los niños (figura 40) dieron como mejor evaluadas en escala de “me gusta muchísimo” a las gomitas adicionadas con 15 y 5 % de extracto de pepino por sobre el porcentaje de 25 % con calificación de “me gusta moderadamente”. Los resultados de la encuesta de adultos se pueden entender debido a que son el cúmulo de las buenas calificaciones que obtuvieron los porcentajes de extracto de 15 y 5 % en las propiedades de color, olor y sabor. El sabor y aroma de estos porcentajes pueden haber sido más sutiles y agradables para los consumidores ya que un equilibrio adecuado de sabores y aromas es más agradable y contribuir a una mejor aceptación de las gomitas. Conjuntamente, el porcentaje de 25% puede haber sido percibida como demasiado intensa en términos de sabor, olor y color, ya que para este porcentaje adicionado se escogió el sabor y olor de uva y el color morado. Los consumidores pueden haber preferido una experiencia más suave y equilibrada en lugar de una concentración más alta que pudo ser abrumadora. Los resultados de la encuesta de los niños pueden deberse a distintos factores como a sabores más sutiles y familiares, las gomitas de 15 y 5 % de extracto podrían haber tenido sabores sutiles y cercanos a los sabores familiares que los niños ya conocen. Si los niños están acostumbrados a los sabores, olores y colores suaves y comunes, podrían haber encontrado agradable y aceptable las gomitas con concentraciones bajas de extracto de pepino. También, el porcentaje del 25 % de extracto podría haber alterado el equilibrio entre el aroma y el sabor de la gomita, lo que resulto en



una experiencia menos agradable. Los niños pueden haber preferido una gomita con una proporción equilibrada de aroma y sabor, lo cual se logró con 15 y 5 % de extracto de pepino.

4.9 Prueba de vida de anaquel

4.9.1. Análisis microbiológico en vida de anaquel

Los resultados obtenidos para el análisis microbiológico (Tabla 15) de las gomitas adicionadas con extracto de pepino para coliformes, mesófilos, mohos y levaduras reportaron que durante los 48 días de medición estuvieron libres de los organismos antes mencionados, estos resultados se explican según Foong *et al.* (2015) porque el pepino contiene ciertos compuestos como los fenoles y flavonoides que tienen propiedades antimicrobianas, estos compuestos ayudan a inhibir el crecimiento de algunas bacterias y hongos. Además, el pepino tiene un pH ligeramente ácido, lo cual puede contribuir a crear un ambiente menos propicio para el crecimiento de ciertos microorganismos. Además, el pepino contiene un compuesto llamado beta-sitosterol; en el trabajo de Uddin *et al.* (2018) describen todos los aportes que proporciona este compuesto como propiedades anticancerígenas, antimicrobianas y antiinflamatorias entre otras, lo cual ayuda a entender por qué se obtuvieron resultados libres de coliformes, mesófilos y hongos y levaduras en las gomitas adicionadas con extracto a tres temperaturas (15, 25 y 35 °C). Por otra parte, en el trabajo de Dey y Sheth (2022) quienes desarrollaron gomitas adicionadas con galactooligosacáridos y realizaron estudios de vida de anaquel durante 6 meses a una temperatura de 37 °C, en donde no se detectó presencia significativa de levaduras, mohos y coliformes totales, lo atribuyeron principalmente a la actividad de agua presente en las gomitas que fue de 0.248 ya que se considera una actividad de agua relativamente baja y es un ambiente desfavorable para la mayoría de los microorganismos, por lo que es probable que la baja actividad de agua haya inhibido su crecimiento. Los microorganismos necesitan agua para llevar a cabo sus procesos metabólicos y si el contenido de agua es insuficiente, su capacidad de crecimiento y reproducción se ve limitada., generalmente, los microorganismos requieren una a_w superior a 0.6 para crecer y multiplicarse. Con los resultados del trabajo de Dey y Sheth (2022) se encuentra una concordancia, ya que la gomita adicionada con extracto de pepino igualmente no presentó organismo alguno de los estudiados posiblemente por la baja actividad de agua y humedad al momento de estudiar la vida de anaquel durante 48 días.



Tabla 15. Resultados microbiológicos

Microorganismo	Método	Resultados	Dimensiones
Mohos	Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994	<10	UFC/g
Levaduras			
Mesófilos	Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994	<10	UFC/g
Coliformes totales	Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994	<10	UFC/g

4.9.2 Análisis sensorial de vida de anaquel

La evaluación sensorial de las gomitas adicionadas con extracto de pepino se realizó con tres tipos de muestras almacenadas a diferentes temperaturas de 15, 25 y 35°C y se encuestaron a 20 personas durante 7 semanas continuas, donde se evaluaron las propiedades de color, olor, sabor, textura y aceptabilidad de estas mismas.

Como se en la figura 41 de los resultados para color, a medida que transcurre el tiempo van bajando poco a poco en las calificaciones proporcionadas por los encuestados empezando todas las gomitas con una calificación de “Me gusta muchísimo” en las tres temperaturas, pero al finalizar el análisis sensorial se observa que obtienen diferentes calificaciones: las gomitas almacenadas a 15 °C obtuvieron al final calificaciones de “Me gusta moderadamente”.

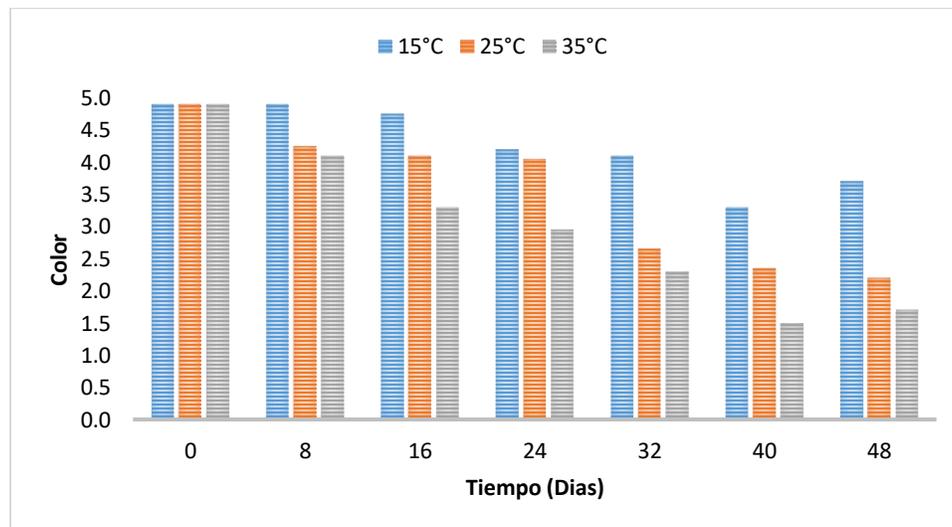


Figura 41. Análisis sensorial referente al atributo de color de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.



Mientras que para 25 y 35 °C obtuvieron calificaciones de “Me disgusta moderadamente” lo que puede ser debido a cambios en la estabilidad del colorante utilizado en las gomitas, lo que puede provocar cambios en el color. Si las gomitas pierden su aspecto atractivo, es posible que esto afecte la percepción general y la calificación de gusto.

Al analizar el atributo de olor como se puede observar en la figura 42 se ve un decremento en las calificaciones conforme van pasando las semanas en las gomitas almacenadas en las diferentes temperaturas. La gomita almacenada a 15°C obtuvo una mayor calificación de parte de los encuestados que fue de “Me gusta moderadamente” seguida de la gomita almacenada a 25°C con una calificación de “No me gusta ni me disgusta” y por último la gomita almacenada a 35°C obtuvo la calificación más baja de “Me disgusta moderadamente”, esto puede explicarse debido a la volatilidad de los compuestos aromáticos ya que, a temperaturas altas, estos compuestos presentes en las gomitas pueden volatilizarse más rápido. Esto significa que los olores característicos que se le pusieron a las gomitas podrían ser débiles o incluso alterarse, lo que resultó en una calificación baja para las gomitas almacenadas en temperaturas de 25 y 35 °C en comparación a la almacenada de 15 °C. Además, pudo haber ocurrido una interacción entre los ingredientes, que al estar expuestas a temperaturas relativamente altas pudieron ocurrir interacciones químicas entre los ingredientes de las gomitas. Estas interacciones pudieron alterar los perfiles de olor y afectar negativamente la experiencia sensorial a medida que transcurría el tiempo.

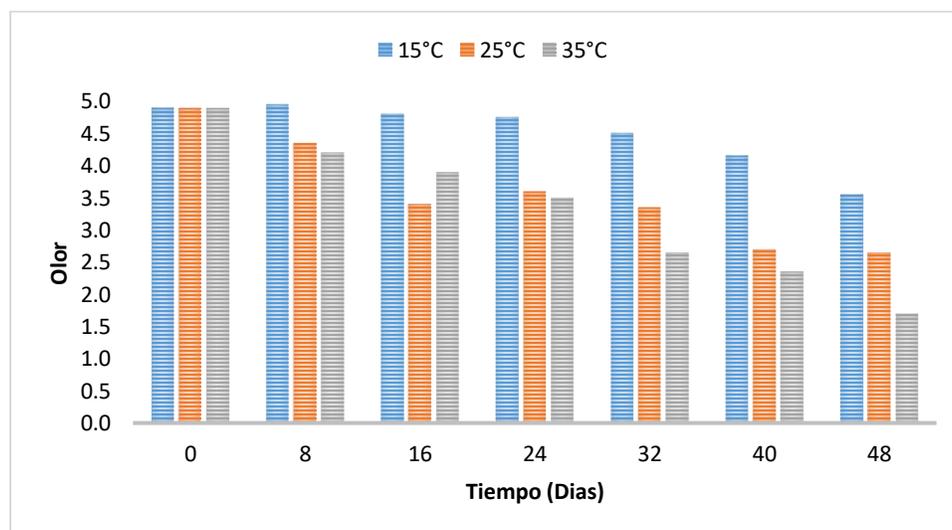


Figura 42. Análisis sensorial referente al atributo de olor de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.



Para los resultados obtenidos en la propiedad de sabor (Figura 43) se observa nuevamente la tendencia de que la temperatura de almacenamiento menor, en este caso 15 °C obtiene mejor calificación de “No me gusta ni me disgusta” contra las temperaturas de 25 y 35 °C que obtuvieron calificación de “Me disgusta moderadamente” y “Me disgusta muchísimo” debidamente, estos resultados pueden deberse a la degradación química de los sabores contenidos en la gomita, al estar almacenadas a 25 y 35°C ya que los componentes químicos presentes en las gomitas pueden reaccionar y degradarse rápidamente. Estas reacciones pueden alterar los perfiles de sabor y generar sabores desagradables o cambios indeseables en la composición química de las gomitas en comparación a la almacenada a 15 °C. También pudo haber ocurrido una volatilidad de los compuestos aromáticos, ya que los compuestos que contribuyen al sabor de las gomitas pueden ser volátiles y se liberan más fácilmente a temperaturas altas. Esto puede llevar a una rápida evaporación de los sabores, resultando en una disminución en la intensidad de sabor.

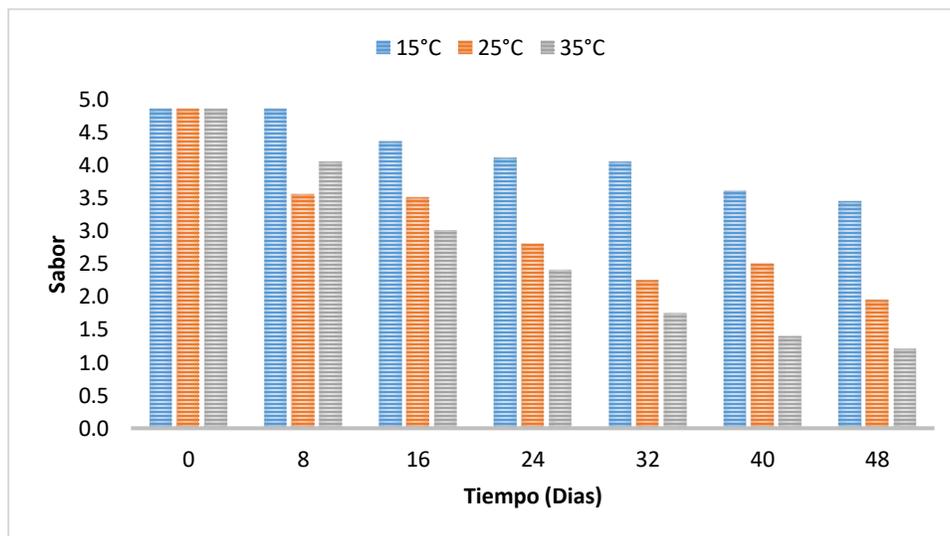


Figura 43. Análisis sensorial referente al atributo de sabor de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.

En los resultados obtenidos para la propiedad de textura (Figura 44) se puede nuevamente observar la tendencia de obtener mejores calificaciones la menor temperatura de almacenamiento, a 15°C se obtuvo calificación de “Me gusta moderadamente” frente a las



calificaciones obtenidas por las gomitas almacenadas a 25 y 35°C: “Me gusta moderadamente” y “Me disgusta muchísimo” respectivamente.

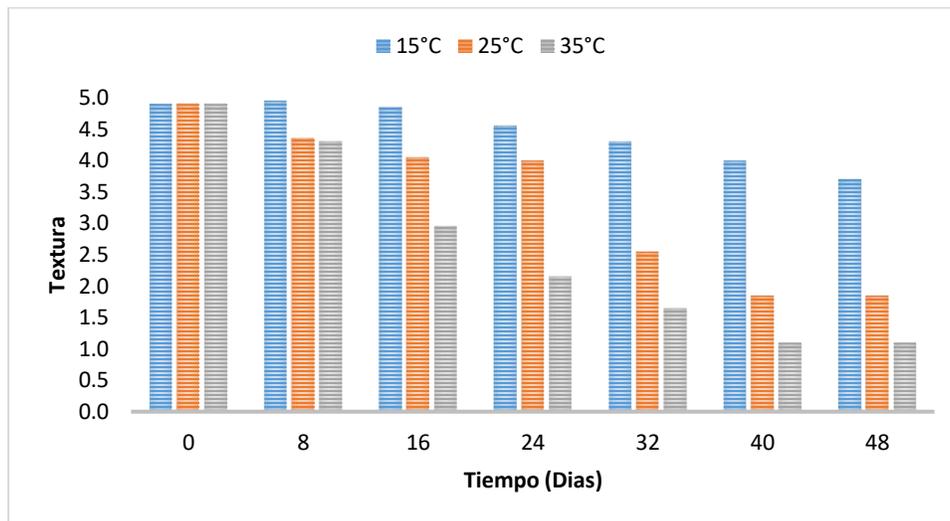


Figura 44. Análisis sensorial referente al atributo de textura de la gomita adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.

Los resultados obtenidos podrían estar relacionados con los cambios en la dureza y deformación debido a las temperaturas altas a las cuales se almacenaron de 25 y 35 °C, las gomitas tienden a volverse blandas y tiernas. Esto se debe a que el calor hace que los componentes gelificantes, se ablanden y se descompongan, lo que resulta en una textura más suave y menos elástica y por lo tanto con menor calificación. Las altas temperaturas favorecen la liberación de la humedad interna de las gomitas, lo que resulta en una superficie más pegajosa. Esto puede hacer que sea difícil manipular y comer las gomitas sin que se adhieran a los dedos o a otras superficies.

Por último, los resultados de la aceptabilidad de las gomitas almacenadas a tres diferentes temperaturas (Figura 45) indicaron que las gomitas almacenadas a 15 °C en comparación con las almacenadas a 25 y 35 °C fueron mejores calificadas con “Me gusta moderadamente” debido a que la temperatura a la cual se almacenaron no fue factor por la cual las propiedades se degradaran conforme pasaron los días, por lo cual los encuestados no bajaron en las calificaciones dadas por ellos en comparación con las gomitas almacenadas a 25 y 35 °C donde hubo cambios más notables en color, sabor, olor y textura debido a las temperaturas altas en las cuales se almacenaron hasta ser utilizadas para el análisis sensorial.

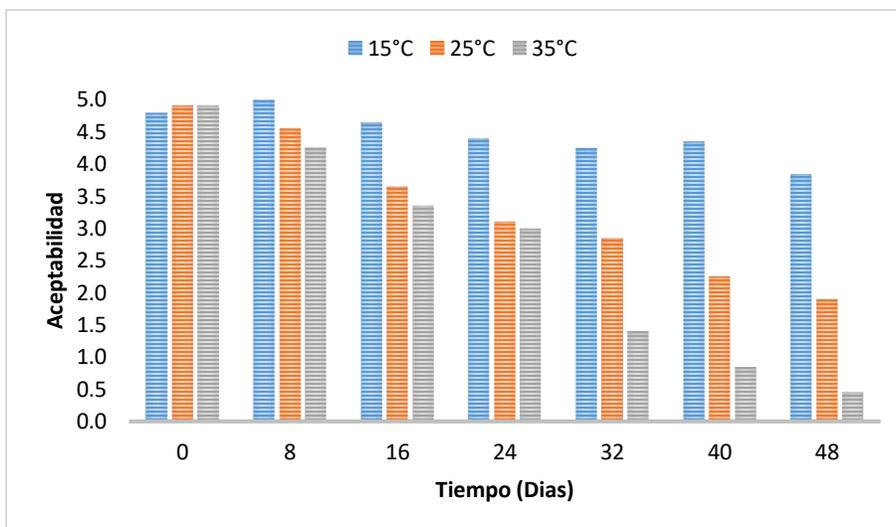


Figura 45. Análisis sensorial referente a la aceptabilidad de la gomitaa adicionada con extracto de pepino almacenada a diferentes temperaturas.

4.9.3. Determinación de capacidad antioxidante en vida de anaquel

De los parámetros estudiados en la gomita: fenoles totales, capacidad antioxidante, microbiológico y análisis sensorial, se seleccionó la capacidad antioxidante como el parámetro que se ajustó a un modelo cinético de primer orden dados los valores del coeficiente de correlación, como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Coeficientes de correlación de parámetros críticos

Coeficiente de correlación (R^2)							
T(°C)	Capacidad antioxidante	Fenoles Totales	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
15	0.9851	0.9922	0.8531	0.8218	0.9619	0.9281	0.8457
25	0.9884	0.9899	0.9198	0.8977	0.8779	0.9253	0.9811
35	0.9798	0.9894	0.9552	0.9879	0.9545	9369	0.9767

Al observarse el comportamiento del parámetro de capacidad antioxidante (Figura 46) se procedió al cálculo de la (E_a) por medio de Ley de Arrhenius (Casp & April, 2003) donde se establece el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción (k) trazando la gráfica de Ln de k en función del inverso de las temperaturas estudiadas (315.15, 323.15 y



333.15°K) como se observa en la Figura 47, obteniéndose por medio de la regresión lineal el valor de E_a y con base en esta ley se puede obtener el tiempo de vida de anaquel estimado de la gomita sustituyendo los datos en la siguiente ecuación:

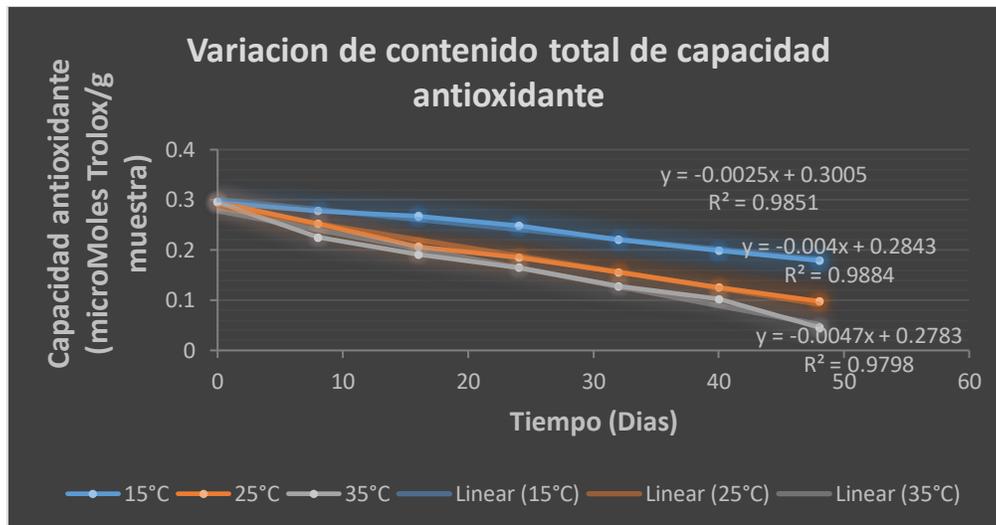


Figura 46. Capacidad antioxidante durante el almacenamiento de gomitas a diferentes temperaturas.

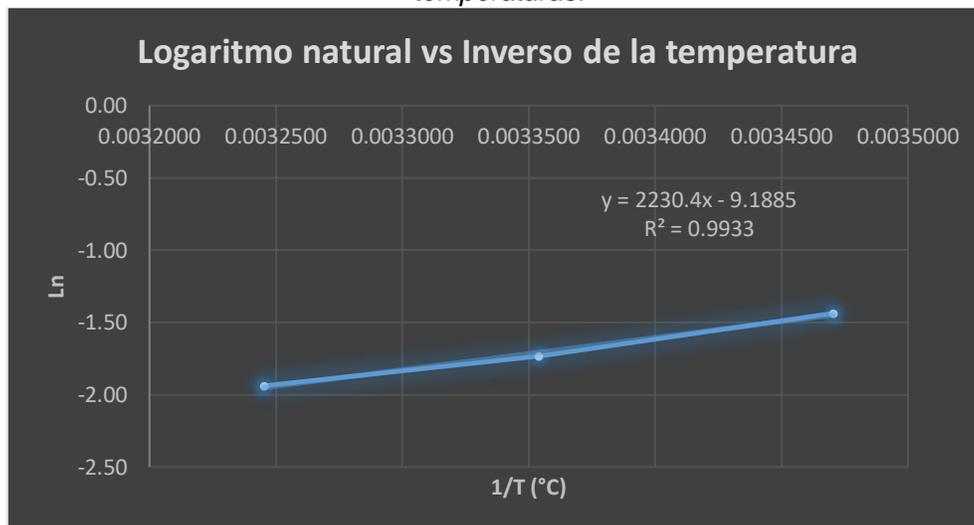


Imagen 47. Logaritmo natural de k en función del inverso de la temperatura

En la tabla 17 se muestran los resultados de las constantes de velocidad de reacción y la E_a .



Tabla 17. Constantes e velocidad de reacción y E_a de la gomita adicionada con extracto de pepino.

T (°C)	1/T(°K)	Ln (°K)	E_a (J/mol°K)
15	0.0034	-1.44	18543.55
25	0.0033	-1.73	
35	0.0032	-1.94	

De acuerdo con el comportamiento de la constante de velocidad se puede observar que, a mayor temperatura, mayor es la degradación de la capacidad antioxidante, siendo necesaria una E_a de 18543.55 J/mol°K para que se dé la degradación de la capacidad antioxidante de la gomita.

En la ecuación 3 se muestra el cálculo de vida de anaquel de la gomita adicionada con extracto de pepino a partir de la energía de activación calculada.

$$\text{Tiempo de vida de anaquel} = 35e \left[\left(\frac{18543.55}{8.314} \right) \left(\frac{1}{288.15} - \frac{1}{298.15} - \frac{1}{308.15} \right) \right] = 5920.17 \text{ dias} = 16 \text{ años}$$

Ecuación 5. Tiempo de vida de anaquel (Casp & Abril, 2003)

Este valor de vida de anaquel se puede deber a que según Ergun *et al.* (2010) algunos dulces pueden contener azúcares en estado amorfo o vítreo. Este estado amorfo o vítreo se refiere a un estado amorfo o vidrioso que puede adquirir el azúcar bajo ciertas condiciones. El azúcar, como la sacarosa, es un sólido cristalino en su estado normal. Sin embargo, si se calienta y luego se enfría rápidamente, puede pasar por una transformación llamada vitrificación, donde pierde su estructura cristalina y se convierte en una sustancia amorfa similar a un vidrio. Químicamente, la formación de azúcar en estado vítreo implica un proceso llamado vitrificación, en el cual el azúcar pasa de su estado líquido a un estado sólido amorfo, en lugar de formar cristales ordenados. Durante este proceso, ocurren varios cambios a nivel molecular como por ejemplo la pérdida de ordenamiento molecular. En el estado cristalino, las moléculas de azúcar están dispuestas en una estructura ordenada y repetitiva. Sin embargo, durante la vitrificación, las moléculas se enredan y se disponen de manera desordenada, sin un patrón regular. Esto resulta en la formación de una matriz sólida amorfa similar a un vidrio. Además, en el estado vítreo, las moléculas de azúcar tienen una movilidad molecular más baja en comparación con el estado líquido. Esto significa que las moléculas están más "atrapadas" en su posición y tienen menos libertad para moverse y reorganizarse. Esta menor movilidad contribuye a la estabilidad y



durabilidad del azúcar vítreo. Mientras estos productos permanezcan por debajo de su temperatura de transición vítrea, permanecerán estables durante mucho tiempo.

Es posible que la nula movilidad en las moléculas de azúcar en el estado vítreo podría tener un efecto beneficioso en la estabilidad de la capacidad antioxidante presente en la gomita. Como se revisó en el estado vítreo del azúcar, las moléculas de azúcar están atrapadas en una matriz sólida amorfa, lo que limita su movilidad y la difusión de oxígeno y otros agentes oxidantes. Esta reducida movilidad y la barrera física proporcionada por el azúcar en su forma amorfa pueden ayudar a proteger los fenoles de la oxidación y degradación. Además, la vitrificación del azúcar también puede reducir la exposición de los fenoles a la humedad, que es otro factor que puede contribuir a su degradación. Al formar una estructura amorfa, el azúcar puede ayudar a evitar la absorción de humedad y proteger los fenoles de la interacción con el agua.

A pesar de la estabilidad en cuanto a la capacidad antioxidante se realizó el mismo cálculo tomando en cuenta los resultados del análisis sensorial para las propiedades de color, olor y sabor de la gomita y se obtuvieron valores de vida de anaquel de aproximadamente 270 días lo que nos dice que dichos componentes son estables hasta ese tiempo, antes de que causen su rechazo en los consumidores y tomando como referencia lo visto, los productos similares existentes en el mercado tienen una vida de anaquel de alrededor de 1 año, así que se toma este valor de vida de anaquel considerando las propiedades que manifiestan un cambio más temprano durante el tiempo de almacenamiento. Se pudo observar que las temperaturas altas ejercen cierta influencia en los parámetros cinéticos de degradación considerando de igual forma que las gomitas adicionadas con extracto de pepino no contienen conservadores que prolonguen su vida útil ni tampoco para el almacenamiento de estas se utilizó algún empaque. El empaque puede proteger al producto de la humedad y el oxígeno entre otras cosas que ayudan a su degradación y por lo tanto puede alargar su vida de anaquel.



Conclusiones

Con base en los resultados anteriores se concluye lo siguiente:

- ✓ El estudio de mercado realizado de manera electrónica demostró de manera concluyente que la aceptación de los consumidores hacia las gomitas adicionadas con extracto de pepino fue positiva con un 82 % de aceptación, confirmado que este producto innovador puede ser bien recibido por una amplia gama de consumidores preocupados por la salud y el bienestar.
- ✓ La extracción asistida con ultrasonido a las condiciones de temperatura de 50°C con un tiempo de proceso de 60 minutos y una concentración etanol:agua de 80:20 permitió la extracción de compuestos fenólicos, con capacidad antioxidante, presentando mayor proporción de dichos compuestos en comparación con el método por maceración. Por otra parte, al incrementar la temperatura hasta 50 °C se optimizó esta extracción.
- ✓ Para la formulación de gomita se seleccionó el 15% de extracto de pepino; siendo el producto con valores intermedios de compuestos fenólicos con Capacidad antioxidante y aceptado sensorialmente por niños y adultos encontrándose que estas gomitas presentan propiedades funcionales comparadas con las gomitas convencionales.
- ✓ Las gomitas enriquecidas con extracto de pepino exhiben una notable estabilidad en su capacidad antioxidante, manteniéndose estable a lo largo de 5844 días. Esta duradera capacidad antioxidante es esencial para la calidad del producto y potenciales beneficios para la salud. Sin embargo, se observa que las características sensoriales, como sabor, olor y color, muestran una estabilidad limitada, por lo que el tiempo de vida útil para este producto fue de aproximadamente 270 días.



Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda para continuar con esta línea de investigación lo siguiente:

- ✓ Realizar un estudio donde se determine la cantidad exacta del compuesto Beta-Sitosterol en el pepino por la técnica de cromatografía.
- ✓ Determinar la composición química de la gomita adicionada con extracto de pepino con base a la norma PROY-NOM-217-SSA1-2002 para la elaboración de la etiqueta.
- ✓ Evaluar el efecto de diferentes envases para la conservación de las gomitas con extracto de pepino.
- ✓ Evaluar otras aplicaciones para el extracto de pepino obtenido como pueden ser: bebidas o productos enriquecidos con compuestos antioxidantes.



Referencias

- Al-Sheraji, S.A, Ismail, A., Manap, M.Y., Mustafa, S., Yusof, R. M. and Hassam F. A. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 5(4) <https://doi:10.1016/j.jff.2013.08.009>
- Acosta, J., Nuevas, L., Amaro, D., & Álvarez, J. C. (2009). Estudio del Proceso de Lixiviación de la Corteza Vegetal de *Mangifera indica* L. *Latin American Journal of Pharmacy*, 28(1), 27–31. Aspé
- Álvarez, G.; Lazcano, H.; González, S.; Navarro, C. (2010). Desarrollo de formulaciones de gomitas a base de miel, propóleo, menta y eucalipto. In: Congreso Nacional De Ciencia Y Tecnología De Alimentos, lugar del congreso. 12. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13217>
- Aspé, E.; Fernández, K. 2011. Comparison of phenolic extracts obtained of *Pinus radiata* bark from pulp and paper industry and sawmill industry. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 13(3):243-252. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2011000300001>
- Azmir, J.; Zaidul, I.S.M.; Rahman, M.M.; Sharif, K.M.; Mohamed, A.; Sahena, F.; Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: a review. *Journal of Food Engineering* 117(4):426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>
- BIONICA. (febrero de 2010). Guía técnica del cultivo de pepino. Recuperado el septiembre de 2013, de <http://www.bionica.info/biblioteca/pepino%20guia%20tecnica.pdf>
- Boeing, JS, Barizão, É.O., y Silva. (2014). Evaluación del efecto de los solventes en la extracción de compuestos fenólicos y capacidades antioxidantes de las bayas: aplicación del análisis de componentes principales. *Revista Central de Química* 8, 48. <https://doi.org/10.1186/s13065-014-0048-1>
- Bucic-Kojic, A., Planinic, M., Tomas, S., Bilic, M., Velic, D., (2007). Study of solid-liquid extraction kinetics of total polyphenols from grape seeds. *J. Food Eng.* 81, 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.027>
- Capriotti, A.L.; Cavaliere, C.; Crescenzi, C.; Foglia, P.; Nescatelli, R.; Samperi, R.; Lagana, A. (2014). Comparison of extraction methods for the identification and quantification of polyphenols in virgin olive oil by ultra-HPLC-QToF mass



spectrometry. Wood Chemistry 158:392-400. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.130

- Camacho Ferre, F. (2011). El cultivo de pepino bajo invernadero. Almería, España: Universidad de Almería. Recuperado de https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEwiT69qB_dvHAhXGiw0KHZRWDeA&url=http%3A%2F%2Fwww.agroalimentarias.coop%2Fficheros%2Fdoc%2F02430.pdf&usg=AFQjCNGqN9tUSFNo1Cv4gpeA3TPWB8hMiw&bvm=bv.101800829,d.eXY&cad=rja
- Carrillo, C., Díaz, R., Zambrano, J., García, A., & Triana, E. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante de extractos de hojas de tres variedades de *Mangifera indica* L. Assessment of antioxidant capacity of leaf extracts from three varieties of *Mangifera indica* L. PRE-PRINT. Revista Cumbres, 3(2), 9–16.
- Casp A; April J. (2003). Procesos de conservación de alimentos. 2ª ed. Mundi-Prensa
- CEAGESP (2023). Pepino. Disponible en: <https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/pepino/>
- Chen, F. L., H.; Yang, H.; Lai, S.; Cheng, X.; Xin, Y.; Yang, B.; Hou, H.; Yao, Y.; Zhang, S.; Bu, G.; Deng, Y (2011). Quality attributes and cell wall properties of strawberries (*Fragaria annanassa* Duch.) under calcium chloride treatment. Food Chemistry. 126: 450-459. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.009>
- Che Sulaiman, I. S., Basri, M., Fard Masoumi, H. R., Chee, W. J., Ashari, S. E., Ismail, M., Boeing, J. S., Barizão, É. O., e Silva, B. C., Montanher, P. F., de Cinque Almeida, V., Visentainer, J. V., Thouri, A., Chahdoura, H., El Arem, A., Omri Hichri, A., Ben Hassin, R., & Achour, L. (2017). Evaluation of solvent effect on the extraction of phenolic compounds and antioxidant capacities from the berries: Application of principal component analysis. Chemistry Central Journal, 11(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13065-017-0285-1>
- Chong, R. (2011). Alimentos ricos en flavonoides y sus beneficios a la salud. [http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3564/FIAI - Rodrigo Grey Chong Tuesta.pdf?sequence=1&isAllowed](http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3564/FIAI_Rodrigo_Grey_Chong_Tuesta.pdf?sequence=1&isAllowed)
- CONABIO: Comisión Nacional para el conocimiento y el uso de la Biodiversidad (2013). Sistema de información de organismos vivos modificados.
- Cruz-Coronado, José Aníbal, Monge-Pérez, José Eladio, & Loría Coto, Michelle. (2020). Comparación agronómica entre tipos de pepino (*Cucumis*



- sativus). Cuadernos de Investigación UNED, 12(1), 121-129. <https://dx.doi.org/10.22458/urj.v12i1.2842>
- Dey, K., Sheth, M. (2022). Desarrollo de gomitas añadidas de galactooligosacáridos (GOS): sensorial, caracterización y calidad de almacenamiento. *Food Prod Process y Nutr* 5, 8. <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00117-w>
 - Dreamstime (2022). Morfología de la planta del pepino con el sistema de flores. Disponible en: <https://es.dreamstime.com/morfolog%C3%ADa-de-la-planta-del-pepino-con-el-sistema-las-flores-y-frutas-ra%C3%ADz-image124948615>
 - Duarte, J., & Pérez-Vizcaíno, F. (2015). Cardiovascular protection by flavonoids. Pharmacokinetic mystery | Protection cardiovascular con flavonoides. *Enigma farmacocinético. Ars Pharmaceutica*, 56(4), 193–200. <https://dx.doi.org/10.4321/S2340-98942015000400002>
 - Duarte Trujillo, A. S., Jiménez Forero, J. A., Pineda Insuasti, J. A., González Trujillo, C. A., & García Juárez, M. (2020). Extracción de sustancias bioactivas de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) por maceración dinámica. *Acta Biológica Colombiana*, 25(1), 61–74. <https://doi.org/10.15446/abc.v25n1.72409>
 - Estrada-Reyes, R., Ubaldo-Suárez, D., & Araujo-Escalona, A. G. (2012). Los flavonoides y el Sistema Nervioso Central. *Los Flavonoides y El Sistema Nervioso Central*, 35(5), 375-384. http://revistasaludmental.mx/index.php/salud_mental/article/view/1493
 - Ergun R, Lietha R, Hartel RW. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 50(2):162-92. doi: 10.1080/10408390802248833.
 - Fogliano, V., Verde, G. Randazzo y A. Ritieni (1999) Method for measuring antioxidant activity and its application to monitoring the antioxidant capacity of wines. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, (47), 1035-1040 doi: 10.1021/jf980496s.
 - Aguilar-Barojas, S., (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco*, 11(1-2), 333-338.
 - Foong, F.H.N. & Mohammad, A. & Ichwan, Solachuddin. (2015). Biological properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.) extracts. 19. 1218-1222.
 - FAOSTAT (Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database). (2020). Base de datos estadísticos de producción y comercio
 - FAO (2015). Definiciones. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/005/y1453s/y1453s05.htm>



- FAO (2006). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura Manual de Nutrición y Horticultura.
- Frevel, M.A.E.; Pipingas, A.; Grigsby, W. J.; Frampton, C.M.; Gilchrist, N.L. 2012. Production, composition, and toxicology studies of enzogenol *Pinus radiata* bark extract. *Food and Chemical Toxicology* 50:316-324. DOI: 10.1016/j.fct.2012.08.051
- Friedrich S., Heimo, S. (1999) El pequeño souci-Frachmann-Kraut: Tablas de composición de alimentos, 2da ed. Acribia. Zaragoza-España.
- García-Llatas, G., M.T. Rodríguez-Estrada (2011). Current and new insights on phytosterol oxides in plant sterol-enriched food, *Chem. Phys. Lipids* 164 (6) 607–624, <https://doi.org/10.1016/j.chemphyslip.2011.06.005>.
- Grupo LACTALIS (2023). Productos enriquecidos. Disponible en: <https://www.lechepuleva.es/>
- Gironi, F.; Piemonte, V. (2011). Temperature and solvent effects on polyphenol extraction process from chestnut tree wood. *Chemical Engineering Research and Design* 89:857-862. DOI: 10.1016/j.cherd.2010.11.003
- Goetzke, b., Nitzko, s. and Spiller, a. Consumption of organic and functional food. A matter of well-being and health? *Appetite*, 77(1), 2014, p. 96-105. DOI:10.1016/j.appet.2014.02.012
- Hassing, A., Liang, W. X., Schwabl, H. y Stampfli, K. (2008). Flavonoids and tannins: plant-based antioxidants with vitamin character. *Medical Hypotheses*, 52, 479-81.
- Jackson, E.B. (1990). Sugar Confectionery. In: Booth, R.G. (eds) *Snack Food*. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1477-6_6
- Jiménez, H. y Hernández, L. (2009). Correlaciones para obtener la presión mínima de miscibilidad o de enriquecimiento en los procesos de recuperación mejorada (desplazamiento miscible con gases), ajuste a campos petroleros mexicanos. [en línea]. Tesis de Licenciatura. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Jiménez-Colmenero, F. (2013). Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International*, 52(1), p. 64-74. DOI: 10.1016/j.foodres.2013.02.040
- Kris-Etherton, P. M., Hecker, K. D., Bonanome, A., Coval, S. M., Binkoski, A. E., Hilpert, K. F., Griel, A. E., & Etherton, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *The American Journal of Medicine*, 113 Suppl, 71S-88S. [https://doi.org/10.1016/s0002-9343\(01\)00995-0](https://doi.org/10.1016/s0002-9343(01)00995-0)



- Karuppagounder, V., Arumugam, S., Thandavarayan, RA, Sreedhar, R., Giridharan, VV y Watanabe, K. (2016). Dianas moleculares de quercetina con propiedades antiinflamatorias en la dermatitis atópica. *Descubrimiento de fármacos hoy* 21:632-639.
- Kumar, K., Srivastav, S., & Sharanagat, V. S. (2021). Ultrasound assisted extraction (UAE) of bioactive compounds from fruit and vegetable processing by-products: A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70(July 2020), 105325. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105325>
- López-Elías, J.; Rodríguez, J. C.; Huez, L. M. A.; Garza, O. S.; Jiménez, L. J. y Leyva, E. E.I. (2011). Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. *IDESIA (Chile)*, 29(2): 21-27.
- López, J. (2008). Los alimentos funcionales: Importancia y aplicaciones. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Chile. *Fat science technology*, 11, 428-432.
- Marfil P, Anhe A, Telis V. (2012). Texture and microstructure of gelatin/corn starch based gummy confections. *Food Biophysics*; 7: 236-43. <http://dx.doi.org/10.1007/s11483-012-9262-3>
- Medina-Torres N, Ayora-Talavera T, Espinosa-Andrews H. (2017). Ultrasound Assisted Extraction for the Recovery of Phenolic Compounds from Vegetable Sources. *Agronomy*; 7(3): 47. DOI: 10.3390/agronomy7030047
- Martínez Frías (2012). Propagación y técnicas de cultivo del Pepino (*Cucumis sativus*). *Revista Vinculando*. <https://vinculando.org/mercado/agroindustria/propagacion-y-tecnicas-de-cultivo-del-pepino-cucumis-sativus.html>
- Montúfar Ampudia Yolanda Elizabeth (2019). “Creación de línea de productos de confitería: gomitas, caramelos suaves y deshidrataciones a base de tomate de árbol, tuna y granada dirigido niños y adolescentes”. Escuela de Gastronomía
- Mphahlele, R. R., Fawole, O. A., Makunga, N. P., & Opara, U. L. (2016). Effect of drying on the bioactive compounds, antioxidant, antibacterial and antityrosinase activities of pomegranate peel. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1132-y>
- Nollert, Leo M. L. (1996). *Handbook of food analysis*. New York: M. Dekker.
- NMX-FF-023-1982. Productos alimenticios no industrializados para uso humano- fruta fresca-pepino- (*cucumis sativus*)- especificaciones.



- NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. cereales y sus productos. cereales, harinas de cereales.
- NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos.
- NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa
- Oportimes. (2020). Exportaciones mexicanas de pepinos a EU baten récord.
- Periche A, Heredia A, Escriche I, Andrés A, Castelló ML. (2014): Optical, mechanical, and sensory properties of based-isomaltulose gummy confections. *Food Bioscience*: 37-44. DOI: 10.1016/j.fbio.2014.05.006
- Quijano L., Calderón J.S., Gómez F., Ríos T. (2017). Zoapatanolide A and B, two new heliangolides from *Montanoa tomentosa*. *Phytochemistry*. DOI: <https://drive.google.com/open?id=0B3rc3GkSocPUVIBVY2NyTENVeUU>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med*, (26), 1231-1237.
- Rodríguez-Maturino, A., Troncoso-Rojas, R., Sánchez-Estrada, A., González-Mendoza, D., Ruiz-Sánchez, E., Zamora-Bustillos, R., Ceceña-Duran, C., Grimaldo-Juárez, O., & Avilés Marín, M. (2015). Efecto antifúngico de extractos fenólicos y de carotenoides de chiltepín (*Capsicum annum* var. *glabriusculum*) en *Alternaria alternata* and *Fusarium oxysporum*. *Revista Argentina de Microbiología*, 47(1), 72–77. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2014.12.005>
- Rodríguez-Zevallos, A., Hayayumi-Valdivia, M., & Siche, R. (2018). Optimization of polyphenols and acceptability of jelly candies with ginger (*Zingiber officinale* R.) extract and honey with Mixture Design. *Brazilian Journal of Food Technology*, 21. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.13217>
- Santamaría, C., Martín González, A., & Astorga, F. (2015). Extractos vegetales, aplicación para la reducción del estrés. *NutriNews*, 75–80.
- Sanchez, W., Cortez, J. Solano., Vidaurre, J. (2015). Cinética de degradación térmica de betacianinas, betaxantinas y vitamina C en una bebida a base de remolacha (*Beta vulgaris* L.) y miel de abeja. TESIS O ARTICULO ESTA INCOMPLETA



- Sallam, BN; Lu, T.; Yu, H.; Li, Q.; Sarfraz, Z.; Iqbal, MS; Kan, S.; Wang, H.; Liu, P.; Jiang, W. (2021). Mejora de la productividad del pepino (*Cucumis sativus* L.) mediante el uso optimizado de estiércol de aves de corral y fertilizantes minerales en cultivos de invernadero. *Horticulturae* 7, 256. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080256>
- Shrinet, K., Singh, R. K., Chaurasia, A. K., Tripathi, A., & Kumar, A. (2021). Chapter 17 - Bioactive compounds and their future therapeutic applications (R. p. Sinha & D.-P. B. T.-N. B. C. Häder (eds.); pp. 337–362). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820655-3.00017-3>
- Soto, M. L. (2015). Extracción y purificación de compuestos fenólicos a partir de subproductos de destilería de vino. Universidad de Vigo.
- SIAP (2020). SAGARPA. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.
- SIAP (2023). SAGARPA. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do
- Stratton, L.M., Vella, M.N., Sheeshka, J. And Duncan, A.M. (2015). Food neophobia is related to factors associated with functional food consumption in older adults. *Food Quality and Preference*, 41(1) p. 133–140. DOI: 10.1016/j.foodqual.2014.11.008
- Strahler, J., Nater, U. M. (2018). Differential effects of eating and drinking on wellbeing—an ecological ambulatory assessment study. *Biological Psychology*, 131, 72-88. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2017.01.008>
- Shariff, A. H. M., Wahab, P. N. Z. M. M. A., Jahurul, A. H., Huda, N., Romes, N. B., Zakaria, M., Roslan, J., Wahab, R. A., & Huyop, F. (2021). Nutrient composition, total phenolic content, and antioxidant activity of tropical Kundasang-grown cucumber at two growth stages. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(2), 220–227. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000200220>
- Teixeira-Lemos, E., Almeida, A., Vouga, B., Morais, C., Correia, I., Pereira, P. & Guiné, R. (2021). Development and characterization of healthy gummy jellies containing natural fruits. *Open Agriculture*, 6(1), 466-478. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0029>
- THE FOOD TECH. (2020, November 23). Alimentos funcionales ganan terreno en mercado mexicano. <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/alimentos-funcionales-ganan-terreno-en-mercado-mexicano/>
- Uddin MS, Sahena Ferdosh, Md. Jahurul Haque Akanda, Kashif Ghafoor, Rukshana A.H., Md. Eaquab Ali, B. Y. Kamaruzzaman, Fauzi M. B., Hadijah S., Sharifudin



- Shaarani & Md. Zaidul Islam Sarker (2018): Techniques for the extraction of phytosterols and their benefits in human health: a review, Separation Science and Technology VOL. (No.): pp., DOI: 10.1080/01496395.2018.1454472
- UNLP. (2020). Extracción. Disponible en: www.ing.unlp.edu.ar
 - Valencia, M. (2018). Métodos de extracción de aceite esencial de la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) (Trabajo de titulación). Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Licenciatura de Ciencias Agrícolas con Énfasis en Cultivos Tropicales. (Escuintla-Guatemala). Pp. 1-40.
 - Vázquez Cárdenas, C., Valiente-Banuet, J., Caballero-Mata, P., Mújica-Paz, H., Rodríguez-Rodríguez, J., & Welte-Chanes, J. (2015). Kinetic and statistical criteria for the selection of conditions of extraction of volatile compounds of piquin pepper (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 14(2), 231-241.
 - Waris, M. H., I.; Khan, A.; Ahmad, F.; Iqbal, M.; Shoaib, M.; Ullah, Z. (2014). "Screening of cucumber varieties against downy mildew ¿*Pseudoperonospora cubensis*? And its chemical management." *Pak. J. Phytopathology*. 29: 321-329. <http://www.pjp.pakps.com/index.php/PJP/article/view/77>
 - Wong-paz, J. E., Aguilar-Zárate, P., & Veana, F. (2020). Impacto de las tecnologías de extracción verdes para la obtención de compuestos bioactivos de los residuos de frutos cítricos. 1–11.
 - Yunusa, A. K., Dandago, M. A., Ibrahim, S. M., Abdullahi, N., Rilwan, A., & Barde, A. (2018). Total Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Different Parts of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 22(2), 13–20. <https://doi.org/10.2478/aucft-2018-0008>
 - Zhang, QW., Lin, LG. & Ye, WC. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chin Med* 13, 20 <https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>
 - Zitlalpopoca A. (2008). Destilación Simple. Universidad Iberoamericana. Laboratorio de procesos de separación. México. 20 pp.