

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINÍ**

**“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PECTINA
CÍTRICA PARA SU USO EN ALIMENTOS”**

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**EGRESADA
SHERLA GISELL NOH DZIB**

**DIRECTOR
DR. EDUARDO MAY OSIO**

**CODIRECTOR
DR. YASSER ALEJANDRO CHIM CHI**

Calkiní, Campeche, México 2025



Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Subdirección de Planeación y Desarrollo

Instituto Tecnológico Superior de Calkiní
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante

Calkiní, Campeche **45938**
P/10/25/788

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. SHERLA GISSELL NOH DZIB 7317
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.
PRESENTE

Con relación a lo establecido en el Reglamento de Estudios de Licenciatura, capítulo VII, fracción I, vigente en este Instituto, y una vez emitido el fallo favorable por el director DR. EDUARDO MAY OSIO, y el co-director DR. YASSER ALEJANDRO CHIM CHI, respectivamente, este Instituto consta de no tener inconveniencia para la realización del acto protocolario de titulación integral de su trabajo profesional titulado: "**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE PECTINA CÍTRICA PARA SU USO EN ALIMENTOS**".

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Sabiduría, Fortaleza de Nuestra Cultura®

Dr. Jorge Alfonso Hau Puc.
Departamento de Administración y
Apoyo al Estudiante.

C.c.p. Archivo



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
"DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES"
CLAVE: 04MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Ah Canul S/N por Carretera Federal, Calkiní, Campeche,
C.P. 24900 Tel. 996-8134870,
e-mail: se_dcalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



DEDICATORIA

Dedicado especialmente a mis padres, María del Carmen Dzib Moo y José María Noh Pech, inicialmente por haberme traído a la vida inculcándome los mejores valores para ser mejor persona, por brindarme su amor y su apoyo absoluto durante todo el proceso, han estado en los momentos más difíciles donde siempre me alientan a seguir adelante sin rendirme, me permitieron tener una experiencia maravillosa como universitaria, mi amor incondicional hacia ellos.

A mis hermanas Yessica Maribel Noh Dzib, Yassibi Del Carmen Noh Dzib y Nathalia Irazema Noh Dzib por estar siempre pendiente de mí, por crear maravillosos recuerdos y bellos momentos juntos, han estado a mi lado toda la vida compartiéndola, siendo mis confidentes, compañeras de aventuras y travesuras, dedicatoria especial a Jade Aitana Uc Noh, sin que ella lo sepa su llegada ilumino mi vida cuando más lo necesitaba.

A mis abuelos, por ser siempre pieza fundamental en mi vida, su cariño y sus consejos a base de su experiencia me hacen ser mejor persona cada día, uno en especial que desde arriba sé que está orgulloso de su niña. A mi compañera fiel Lily, mi sombra silenciosa que me dio consuelo en los momentos más difíciles y alegría en los mejores.

Se lo dedico a mi persona, demostrando a mí misma que todo es posible, que con la compañía y el amor de las personas correctas se puede salir adelante aun en los momentos más difíciles, que todo en la vida tiene su recompensa y a pesar todo siempre habrá amigos y familia que te motiven.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la institución, el ITESCAM, por brindarme el entorno académico y los recursos necesarios para mi desarrollo profesional permitiéndome estudiar la carrera de Ingeniería en industrias alimentarias, en donde en sus aulas cada día de mi estancia me brindaron conocimientos necesarios con relación a la carrera y también a para crecimiento personal,

Agradezco sin duda alguna a mis grandes asesores, el Dr. Yasser Alejandro Chim Chi y al Dr. Eduardo May Osio por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto con ellos, por todos los conocimientos que me transmitieron y el apoyo que recibí para llevar a cabo esta etapa, agradezco al Dr. Yasser Alejandro Chim Chi por compartir en cada clase sus conocimientos de la manera más entusiasta, por la paciencia que nos tuvo como grupo y su orientación académica y profesional.

Agradezco especialmente a Dios, por darme la oportunidad de vivir cada día a lado de mis seres queridos, por darme a unos padres maravillosos que siempre están en cada logro apoyándome, le agradezco por haberme puesto en el lugar donde estoy, porque como dicen, los planes de dios son perfectos, agradezco por brindarme la fortaleza que necesitaba, finalmente por darme salud, paciencia y la familia.

Agradezco a todos mis seres queridos y aquellos amigos que han estado involucrados durante cada etapa de mi vida, que me han visto crecer como persona todos estos años, a mis amigas de toda la vida, Itzal Guadalupe Uc Chan, Janetzy Yudil López Pech y Rosa María Rico Cima, quienes han estado brindándome su apoyo incondicional y motivándome para lograr esos sueños que compartimos, a Daniela Guadalupe Corrales Hurtado, porque a pesar de la distancia enorme se ha convertido en una persona importante, ha estado en cada logro y en cada caída, le agradezco por no dejarme sola y brindarme su apoyo y cariño.

Finalmente, a aquella pequeña familia que el ITESCAM me brindo, las amigas que compartieron conmigo muchas aventuras y buenos recuerdos, conociendo lugares y también compartiendo conocimientos, Nayeli, Elizabeth, Alejandra y Merli. Agradezco a mi banda favorita One Direction, por acompañarme en noches de vela que con sus canciones hicieron la diferencia en momentos que nunca olvidare.

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. RESUMEN	2
III. ANTECEDENTES	3
IV. MARCO TEÓRICO.....	6
4.1. GENERALIDADES DE LOS CÍTRICOS.....	6
4.2. DESCRIPCION GENERAL DE LOS CÍTRICOS.....	7
4.3. PROPIEDADES DE LOS CÍTRICOS	12
4.4. SUBPRODUCTOS DE LOS CÍTRICOS.....	12
4.5. PECTINA.....	13
4.6. COMPOSICIÓN DE LA PECTINA.....	13
4.7. CLASIFICACIÓN DE LA PECTINA.....	14
4.8. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINAS.....	15
4.9. PECTINA CÍTRICA.	16
4.9.1. CARACTERÍSTICAS.....	16
V. JUSTIFICACIÓN	17
VI. OBJETIVOS	18
6.1. OBJETIVO GENERAL	18
6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
7.1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	19
7.2. RECEPCIÓN DE LA CÁSCARA.....	20
7.3. MOLIENDA Y TAMIZADO	20
7.4. MÉTODO DE EXTRACCIÓN.....	20
7.5. PRUEBAS DE METOXILO.....	20

7.6. ÁCIDO ANHIDRO GALACTURÓNICO (AAG)	21
7.7. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA PECTINA CÍTRICA.	21
7.8. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO.	22
7.9. VISCOSIDAD	22
7.10. pH	22
7.12. ACIDEZ	23
7.13. COLORIMETRÍA	23
7.14. ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTARIO (MERMELADA)	23
7.15. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS	24
VIII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
8.1. EXTRACCIÓN DE LA PECTINA CÍTRICA DE LA NARANJA DULCE.	25
8.2. PRUEBA DE METOXILO	26
8.3. ÁCIDO ANHIDROGALACTURÓNICO (AAG)	28
8.4. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA PECTINA	29
8.5. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO	30
8.6. VISCOSIDAD	30
8.7. ACIDEZ	30
8.8. pH	30
8.9. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES	30
8.10. COLOR	30
IX.CONCLUSIÓN	32
X. RECOMENDACIONES	33
XI.REFERENCIAS	34
XII. ANEXOS	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tallo del árbol de cítricos.....	7
Figura 2 <i>Raíz del árbol de cítricos</i>	8
Figura 3 <i>Diferentes tipos de hojas en el árbol cítrico</i>	9
Figura 4 <i>Morfología de la flor de un árbol cítrico</i>	10
Figura 5 <i>Morfología del fruto cítrico</i>	11
Figura 6 <i>Semillas de frutos cítricos</i>	12
Figura 7 <i>Metodología general del proceso</i>	19
Figura 8 <i>Naranja dulce de valencia</i>	19

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Pruebas fisicoquímicas de la mermelada</i>	24
Tabla 2 <i>Rendimiento de la pectina</i>	25
Tabla 3 <i>pH antes de iniciar con la hidrólisis</i>	26
Tabla 4 <i>Resultados de la prueba de metoxilo</i>	27
Tabla 5 <i>Resultados tomando en cuenta dos datos cercanos</i>	27
Tabla 6 <i>Resultados de la prueba de AAG</i>	28
Tabla 7 <i>Resultados de dos datos con mayor cercanía</i>	29
Tabla 8 <i>Resultados de las pruebas fisicoquímicas</i>	29
Tabla 9 <i>Resultados de la prueba de colorimetría</i>	31

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Formula para calcular el porcentaje de acidez</i>	35
Anexo 2 <i>Formula para CIELAB</i>	35
Anexo 3 <i>Sistema CIELAB</i>	35
Anexo 4 <i>Pectina Cítrica</i>	36
Anexo 5 <i>Mermelada de piña</i>	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1	<i>Gráfico de dispersión de los resultados de la prueba de metoxilo</i>	27
Gráfico 2	<i>Gráfico de dispersión de los resultados obtenidos.....</i>	28

I. INTRODUCCIÓN

La pectina es una fibra soluble que se encuentra en las paredes celulares de las frutas y plantas, siendo especialmente abundante en frutas como las manzanas y sobre todo en los cítricos, como limón, naranja agria y naranjas dulces. La pectina se define como un polisacárido complejo que funciona como un agente aglutinante en las células vegetales, contribuyendo a su estructura y firmeza. En el sector alimentario es fundamental ya que se emplea principalmente, como gelificante, espesante y estabilizador gracias a su función como atrapador de agua dando origen así a productos como mermeladas y jaleas. La mermelada consiste en una combinación de frutas y azúcar, con pectina natural o añadida, que se transforma en un gel, otorgando al producto características únicas y la jalea es la confitura elaborada por concentración del jugo filtrado de frutas o de extractos acuosos filtrados de frutas u hortalizas, con distintos azúcares. El producto tiene una consistencia semisólida; gelatinosa firme gracias a la pectina.

La comercialización de pectinas inició en 1908 en Alemania y actualmente se obtiene principalmente de los residuos de la extracción de zumo de manzana y, especialmente, de la industria de jugos cítricos. La pectina se extrae empleando agua caliente acidificada, y se precipita de la disolución utilizando etanol o una sal de aluminio, aunque hoy en día existen diferentes métodos de extracción.

En esta investigación se busca la extracción de una pectina cítrica a raíz de las cáscaras de la naranja dulce exprimidas de una empresa dedicada a la elaboración de jugos, por lo que se le determina como “desechos” ya que no cumplen con una función para elaborar el producto que se comercializa. Lo que se quiere lograr con ello es que la pectina cítrica extraída tenga efectos similares a la pectina comercial y usarla como otra opción para elaborar alimentos como mermelada y jaleas de igual forma a base de ello también darle una segunda oportunidad a los “desperdicios” aprovechando la fruta en su totalidad.

II. RESUMEN

La pectina se puede encontrar de manera natural en las frutas y funciona como un espesante natural que al unirse con azúcar y ácidos se forman geles, uno de los mejores métodos para extraer pectina es por medio de una hidrólisis ácida de tipo abierta ya que los ácidos ayudan a romper enlaces que sujetan a la pectina dejándola libre para su extracción además de ser un método económico, fácil de implementar si se hace uso de ácido cítrico se logra extraer con buen rendimiento ya que al ser un ácido suave no causa tanto daño a la pectina.

Este proyecto se realiza con el fin de aprovechar los recursos que son desperdicios de una empresa productora de jugos en el estado de Campeche, en busca de otras alternativas para las cáscaras, y así presentar otro uso que se le puede dar y crear subproductos. La pectina extraída de las cáscaras de naranja dulce de Valencia fue sometida a una serie de análisis físicoquímicos para conocer el comportamiento, dichas pruebas fueron, pH, acidez, color, viscosidad y capacidad de hinchamiento, de igual forma se realizaron los análisis para poder clasificar a qué tipo de pectina pertenece, alto o bajo metoxilo, según los resultados obtenidos se trabajó con una pectina de bajo metoxilo.

La pectina cítrica presentó buen comportamiento al realizar un producto alimentario que en este caso fue una mermelada de piña, a la cual se le hicieron también análisis físicoquímicos como color, pH, acidez y actividad de agua, al hacer la actividad de agua se presentó una cantidad pasando el límite para una mermelada, pero fue porque es un producto libre de conservadores por lo que se dio recomendaciones para poder prevenir el crecimiento de microorganismos como hongos y levaduras.

III. ANTECEDENTES

Actualmente se han realizado estudios acerca de las pectinas a partir de la naranja y otros cítricos en México ya que la familia de los cítricos es muy utilizada comercialmente en el país por grandes y pequeñas empresas para la producción de jugos y otros productos por lo al ser usado únicamente a pulpa y el jugo se crea un desperdicio de cáscara y otros componentes. Al ser residuos, y si estos no se gestionan adecuadamente, pueden contribuir a la contaminación, ya que, aunque son biodegradables, su acumulación en grandes cantidades en vertederos puede generar lixiviados que contaminen suelos y aguas subterráneas, por ello se ha tomado la alternativa de aprovechar esos desperdicios aplicándolos para la extracción de pectinas cítricas.

Se han obtenido información respecto al tema de pectinas cítricas en donde en varios registros se emplean las cáscaras de naranja y en otros se ocupan diferentes cítricos, sin embargo, incentivan a la realización de más investigaciones respecto a los métodos de extracción.

En este sentido, el género *citrus* es un tema de mucho interés por sus grandes aportaciones en la industria, por lo que no solo en México se han elaborado estudios al respecto si no también en otros países del mundo.

Métodos de extracción de pectina en frutos: revisión sistemática

(Paola Monserrat García-García, 2023)

Este artículo fue elaborado en convenio con el Tecnológico Nacional de México y la Universidad Juárez Autónoma de tabasco en 2023, en donde el objetivo de esta investigación fue conocer a fondo los métodos de extracción de pectina en fruto, probaron con un total de 13 métodos:

- Hidrolisis ácida
- Hidrolisis ácida asistida por microondas
- Hidrolisis ácida asistida por ultrasonido
- Método de McCready
- Método enzimático
- Medio ácida
- Método por reflujo

- Método químico
- Método Kliman
- Extracción con etanol
- Agua acidulada
- Baño maría y el método clásico de extracción

Se concluyó que el mejor método de extracción de pectina fue mediante una hidrólisis ácida sin asistencia en donde se utilizó una solución de ácido clorhídrico a una temperatura de 90°C y un pH de 1 a 2.2 en un tiempo de 60 minutos, la relación entre el pH y el tiempo de extracción son factores que determinan la calidad y el rendimiento de la pectina obtenida, los frutos que se utilizó fueron maracuyá el cual ocupa el primer lugar de potencial de pectina y el segundo es la naranja y guayabas.

Extracción y caracterización de pectina de cáscara *de citrus sinensis*

(Kamal, 2021)

En esta investigación se extrajo la pectina en la cascara de naranja dulce mediante baño maría con una agitación bajo tres condiciones de extracción distintas, temperaturas de 65, 75, 85 y 95°C, pH de 1.5, 5.2 y 2.5 y el tiempo que va de 45, 60 y 90 minutos. La muestra se secó hasta un peso constante en un secador de armario a 50°C. De las tres condiciones, se registró que la mejor condición de extracción era mayor en rendimiento el de la temperatura de 95°C y un pH de 1.5 con 90 minutos y la calidad de la pectina se encontró con niveles satisfactorios por lo que también se comprobó que el pH, temperatura y tiempo cumplen con un papel fundamental para el rendimiento y calidad de la pectina.

Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (hmo) (vanesa, 2015)

Este trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones de Procesos Industriales en la Universidad Privada Boliviana en el año 2015, donde se llevó a cabo la extracción de pectina a partir de cáscara de naranja empleando dos métodos: el método de hidrólisis ácida convencional y el método de extracción por hidrólisis ácida asistida por microondas. En esta investigación se demostró que el método de extracción por microondas hace posible un ahorro de energía además de que se emplea un tiempo de proceso bastante más corto a comparación del método convencional. Sin embargo, para esta técnica se sugiere realizar un análisis de la potencia del equipo microondas para saber si esta influye en la ruptura

de enlaces de la muestra.

Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (ananas comosus) por el método de hidrólisis ácida

(Garavito, 2019)

Esta investigación fue realizada en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería, Programa Especialización de Procesos de Alimentos y Biomateriales Acacias en el año 2019. En este estudio se llevó a cabo la extracción de pectina a partir de los residuos de cáscara de piña que fueron recolectando en las calles de Villavicencio y Acacias, el método que se utilizó fue la extracción por medio de una hidrólisis ácida, el cual permitió identificar que el factor primordial que influye en el proceso es la temperatura ya que cuando se llega a los 90 °C se presenta un mayor rendimiento, por lo que el método donde se mostraron mejores resultados, fue a una temperatura de 90 °C por 40 minutos. Esta investigación concluye en que la obtención de la pectina de bajo metoxilo a partir de la cascara de piña puede ser una alternativa para aprovechar el gran residuo generado.

“Comparación del método tradicional de extracción de pectina de la cáscara de naranja con el método por ondas de ultrasonido y sus efectos sobre la sinéresis en la elaboración del yogurt batido”

(Bach. Espinoza rodríguez, 2018)

En Lima Perú se realizó un estudio en la Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica en 2018, con la finalidad de comparar el método tradicional de extracción de pectina con el método por ondas de ultrasonido, con el objetivo principal de conocer cuáles son sus efectos sobre la sinéresis en la elaboración de un yogurt. Mediante este estudio se concluyó con que el mejor método para extraer pectinas es usando el equipo de ultrasonido con 41.86 W por un corto tiempo de 2 minutos, en donde se logró un peso equivalente de 1612.9 de pectina. Con esta pectina, se logró una sinéresis mínima del 16% utilizando solo un 1% de pectina, además de que usando aquel equipo el porcentaje de grupos de metoxilos fue de 15.52%. además de que, al hacer las pruebas sensoriales del yogurt, este tenía mejores características.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. GENERALIDADES DE LOS CÍTRICOS

El género *Citrus*, comúnmente conocido como cítrico, incluye las especies de arbustos o pequeños árboles perennes (de 5 a 15 m) de la familia de las rutáceas. La familia Rutaceae tiene 2100 especies descritas en 154 géneros con importantes usos tradicionales, ampliamente distribuidas en regiones tropicales y templadas de Australasia, América y Sudáfrica. Estos frutos poseen un alto contenido de vitamina C y ácido cítrico, lo que les confiere su distintivo sabor ácido, este género abarca tres especies importantes: *Citrus*, *Poncirus* y *Fortunela*. Los cítricos constituyen uno de los cultivos frutales más importantes a nivel global y se producen en más de 140 naciones en todo el planeta. Entre los cítricos más cultivados se encuentran las naranjas, limones, mandarinas y pomelos, los cuales se venden y consumen principalmente en forma de fruta fresca, jugo o concentrado (FAO, 2025)

Las especies más conocidas y cultivadas son las siguientes:

- *Citrus aurantifolia* (Christon.) Swing. Conocido en el comercio internacional como lima mejicana, y en Colombia, como limón pajarito o de Castilla, aunque botánicamente es una lima ácida.
- *Citrus latifolio* Tanaka. Lima Tahití
- *Citrus aurantium* L. Naranja amargo
- *Citrus grandis pummerlo*
- *Citrus limon* (L.) Burm. Limón verdadero
- *Citrus paradisi* Macf. Toronja o pomelo
- *Citrus reticulata* Blanco. Mandarina
- *Citrus sinensis* (L.) Osb. Naranja dulce

4.2. DESCRIPCION GENERAL DE LOS CÍTRICOS

TALLO

Los cítricos son plantas con un solo tronco, de color pardo y ramificación variable. Los tallos jóvenes en formación son verdes y tiernos y poseen una cresta que se extiende por debajo de la base de cada peciolo, haciendo que la sección transversal sea triangular en un principio para convertirse en circular con el tiempo, según el tallo va ganando en espesor. Se pueden distinguir, por lo tanto, dos tipos de crecimiento, el longitudinal y el crecimiento en grosor. (Medina, 2023)



Figura 1 Tallo del árbol de cítricos

Nota. Adaptado de Los Cítricos, Monografías de botánicas por Alejandro Medina, 2023.

RAIZ

La raíz es la parte subterránea de la planta y tiene una gran distribución tanto vertical como horizontal. las raíces son profundas, pero la mayor parte de la masa radicular se encuentra cerca de la superficie. El sistema radicular está compuesto por la raíz principal, que crece directamente hacia abajo y sirve de anclaje a la planta, y las raíces laterales o secundarias. Las raíces secundarias se desarrollan de manera ramificada y sirven de soporte a los pelos radicales, encargados de la absorción del agua y los nutrientes.

(Medina, 2023)



Figura 2 Raíz del árbol de cítricos

Nota. Adaptado de *Los Cítricos, Monografías de botánicas* por Alejandro Medina, 2023.

HOJA

Los cítricos son árboles de hoja perenne, a excepción de *Poncirus trifoliata* que es caducifolio. Sin embargo, las hojas tienen una duración determinada y se van renovando a lo largo del tiempo. Su vida media es de unos quince meses para las hojas situadas en ramas de producción, mientras que puede llegar hasta los cuatro años en aquellas que se sitúan en brotes verticales vigorosos. El periodo de mayor caída es la primavera, principalmente después de la floración. Las hojas se desprenden del tallo por las zonas de abscisión, que son las situadas en la unión del tallo al peciolo y de este al limbo. La hoja es compuesta, imparipinnada, aunque aparenta ser simple porque en la mayoría de los casos solo se conserva el foliolo termina. El borde de la hoja, que varía según las especies, puede ser entero, aserrado o dentado, ondulado o festoneado. (Medina, 2023)

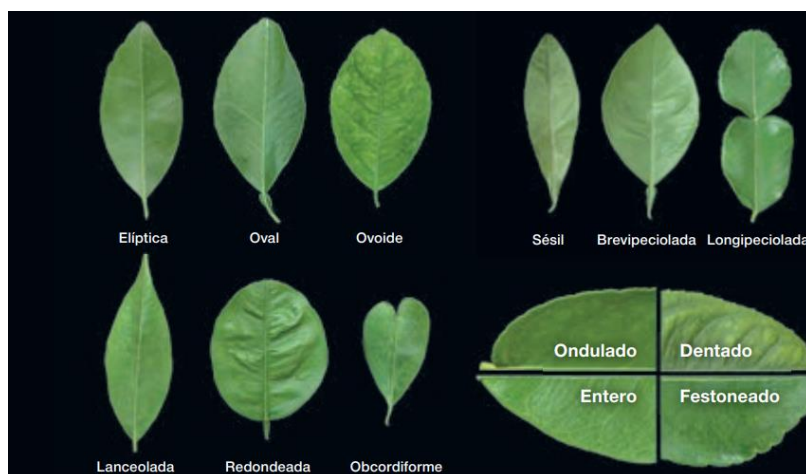


Figura 3 *Diferentes tipos de hojas en el árbol cítrico*

Nota. Adaptado de Los Cítricos, Monografías de botánicas por Alejandro Medina, 2023

FLOR

Las flores, conocidas como azahar, desprenden una agradable fragancia debido a que los sépalos y los pétalos presentan glándulas de aceite por debajo de la epidermis del envés, poseen un color blanco en la mayoría de los casos. Son generalmente hermafroditas y su tamaño varían, las más grandes son las del naranjo amargo y el pomelo, mientras que las más pequeñas se dan en mandarinos y limas. Se presentan aisladas o bien en racimos en forma de corimbo o cima. Las flores se unen al tallo por un pequeño pedúnculo de aproximadamente 1 cm. de longitud, que en su parte superior da lugar al receptáculo. Las flores de los cítricos están formadas por:

- a) Un cáliz denso de color verde, compuesto por 5 sépalos fusionados cuya parte libre forma 5 pequeñas proyecciones. Juntamente con el disco y parte del pedúnculo, queda unido al fruto dando lugar a lo que comúnmente se conoce como pezón.
- b) La corola, que posee 5 pétalos blancos o rosados, algo solapados y curvados hacia el interior de la flor. Son gruesos y largos, y presentan un aspecto coriáceo debido a la cutinización de su superficie.
- c) Los estambres (20-40), blancos filamentos soldados a la base de la corola que forman un círculo dentro de ésta, y cuyas anteras, blancas o amarillas, poseen 4 lóculos. El disco floral aparece justo por encima de la unión de los estambres a la flor, entre los estambres y los carpelos, y recibe el nombre de disco nectarífero o nectario porque secreta un néctar acuoso hasta el momento en el que caen los pétalos.

- d) El pistilo, que consiste en un ovario formado por 10 carpelos, un estilo y un estigma. El ovario se apoya sobre el disco nectarífero y es generalmente elipsoidal. El estilo tiene forma cilíndrica y diámetro menor que el estigma, que aparece en su extremo y es de forma esférica, más o menos achatada. (Medina, 2023)

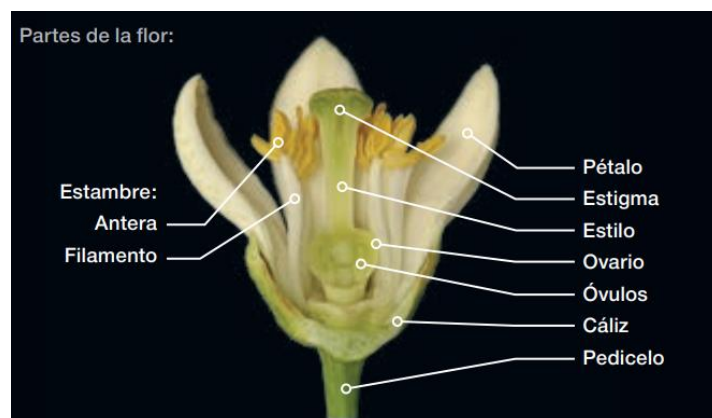


Figura 4 Morfología de la flor de un árbol cítrico

Nota. Adaptado de Los Cítricos, Monografías de botánicas por Alejandro Medina, 2023.

FRUTO

El fruto cítrico es una baya especializada llamada hesperidio, un fruto dividido en varias secciones, cada uno de ellos envuelto por una membrana. Surge como consecuencia del crecimiento del ovario y se caracteriza por tener alrededor de diez unidades carpelares carnosas (gajos) unidas alrededor de un eje central, donde se sitúan las semillas dispuestas en forma radial en el centro del fruto.

El tamaño y el color del fruto varían con la especie y la variedad. La parte carnosa o endocarpo está compuesta por los sacos de zumo o vesículas, estructuras normalmente delgadas y filamentosas que contienen mayoritariamente azúcares, ácidos orgánicos y agua, los constituyentes del zumo.

- a) El exocarpo o flavedo, que es la parte más externa del fruto, cuya coloración depende en gran medida de la temperatura a la que se desarrolla. En él se encuentran las glándulas de aceites esenciales producidas por los frutos. Es grueso y puede ser más o menos liso o rugoso.
- b) El endocarpo, que es la parte más interna del pericarpio y constituye parte de la membrana lobular.

- c) el mesocarpo o albedo, que es la parte intermedia entre ambos, la capa blanca de la cáscara.
(Medina, 2023)

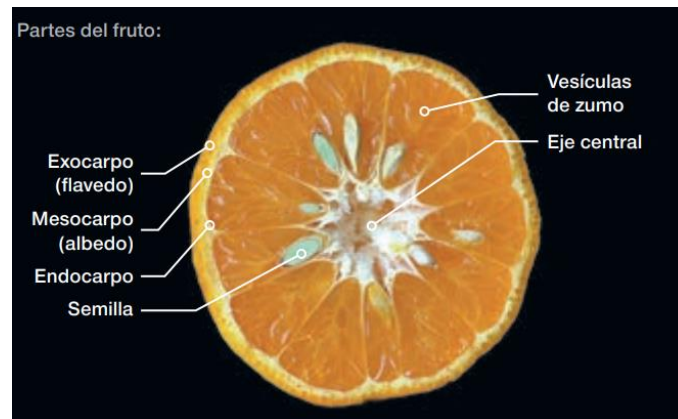


Figura 5 *Morfología del fruto cítrico*

Nota. Adaptado de Los Cítricos, Monografías de botánicas por Alejandro Medina, 2023.

SEMILLAS

Las semillas derivan de los óvulos a través de los diversos procesos de desarrollo que estos sufren. Presentan una amplia variación en cuanto a tamaño, peso, forma, color y homogeneidad., sin embargo, existen características comunes dentro de cada especie; por ejemplo, las semillas del limón suelen ser pequeñas, redondeadas y puntiagudas. También hay variedad en cuanto al número de semillas por fruto, factor que puede cambiar ligeramente de un año a otro en función de la polinización y otros factores externos. Las semillas están constituidas por tres partes fundamentales con funciones específicas:

- a) El embrión. Compuesto por hipocótilo, plúmula, y radícula; los dos últimos constituyen los rudimentos del tallo y la raíz.
- b) Los cotiledones. Son los órganos de reserva, que la semilla utiliza en la diferenciación celular durante la germinación.
- c) Las cubiertas seminales. Compuestas por una envuelta externa, la testa, y otra interna, el tegmen. Constituyen las defensas ante posibles ataques externos. (Medina, 2023)



Figura 6 Semillas de frutos cítricos

Nota. Adaptado de Los Cítricos, Monografías de botánicas por Alejandro Medina, 2023.

4.3. PROPIEDADES DE LOS CÍTRICOS

Los cítricos cumplen un papel fundamental para industrias y para el consumo humano gracias a sus características únicas, en los que destacan por contener pocas calorías y casi todas poseen de azúcares muy digestible, respecto al contenido en grasas y proteínas es bajo, gracias a esas características se constituyen en un importante aliado en la dieta diaria. Los cítricos se posicionan entre las frutas frescas de mayor valor nutritivo y muy interesantes por su poder antioxidante, que son capaces de retrasar el envejecimiento celular y por tanto prolongadores de la vida. Sus equilibrados contenidos en agua, azúcares, ácidos, sales minerales (potasio sodio, hierro, calcio, fósforo, magnesio), fibras y vitaminas (retinol, tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, niacina, biotina, ácido fólico, etc.) y sobre todo sus elevados contenidos en vitamina C que interviene en la formación de colágeno, huesos y dientes, glóbulos rojos, absorción del hierro de los alimentos y refuerza nuestro sistema inmunitario.

4.4. SUBPRODUCTOS DE LOS CÍTRICOS

Un subproducto es el producto secundario que es obtenido durante el proceso de fabricación de otro producto principal como es el caso de jugos, en donde la materia principal es el jugo de la fruta por lo que el resto de ella se desecha creando así desperdicios que en cantidades altas se suma a la contaminación, las industrias de jugos desarrollan demasiados desperdicios, por lo que alrededor del mundo se han pensado en crear alternativas para aprovechar de estos residuos que mayormente son el 50% del fruto lo que incluyen cascaras, membranas y cantidades de semillas y jugos.

El bagazo suele ser utilizado para lograr mejores condiciones de fermentación en silajes de planta entera de maíz, sorgo, alfalfa o soja que se han pasado de madurez con la finalidad de incrementar su

humedad. Otro subproducto muy utilizado a base de los residuos cítricos es el aceite esencial el cual es obtenido por medio de la destilación al vapor, en donde generalmente se obtiene alrededor del 93% de rendimiento, el aceite esencial es extraído de la cascara de naranja, limón dulce y limón. (Mariana A Andrade, 25)

La cáscara de naranja o de otro cualquier cítrico contiene pectina el cual es uno de los compuestos principales, representa un 20 a 30% del peso seco de las cascara. La pectina es ampliamente utilizada en la industria alimentaria como espesante y estabilizador de productos como mermeladas, jugos o jaleas, por lo que la cascara se convierte en una gran fuente de pectina lo cual es beneficioso ya que a partir de las cascara desechadas se pueden hacer estudios para extraer pectina que logre cumplir con las características similares o iguales a la pectina comercial. (Mariana A Andrade, 25)

4.5. PECTINA

Las pectinas comúnmente se definen como macromoléculas heteropolisacáridos con un alto peso molecular que se encuentran en la naturaleza en las estructuras del sistema celular de las plantas, estas están presentes en la lámina media y en las paredes celulares primarias y secundarias de los tejidos vegetales, en donde el componente principal de las pectinas es el ácido poligalaturónico que esta parcialmente esterificado con metanol. Esta macromolécula es un ingrediente primordial para las industrias alimentarias y farmacéutica durante varias décadas debido a sus beneficios para la salud, propiedades espesantes, gelificantes y emulsionantes el cual es utilizado para la elaboración de mermeladas, jaleas entre muchos otros productos y subproductos.

Dentro la industria de los alientos, la pectina no es solo usada como ingrediente funcional, si no también es utilizada por ser fuente de fibra dietética justo por la habilidad de formar geles acuosos, estos geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de compotas, jaleas, salsas, ketchup, mayonesas, confites; y en la industria láctea para la fabricación de yogures frutados y productos lácteos bajos en grasa, en la industria de bebidas dietéticas para la preparación de refrescos, debido a su bajo contenido de carbohidratos, por sus propiedades estabilizantes y por incrementar la viscosidad, así mismo son utilizadas también como agentes absorbentes de lipoproteínas (productos farmacéuticos para bajar de peso) y actualmente se está investigando su aplicación como membranas biopoliméricas cicatrizantes. (Silva, Arroyo Benites, & Morales Gomero, 2008)

4.6. COMPOSICIÓN DE LA PECTINA

La pectina es uno de los polisacáridos constituyentes de las paredes celulares de las plantas superiores. Su estructura es mucho más compleja que la de otros polisacáridos como la celulosa y las hemicelulosas. La pectina se compone de dos estructuras básicas: una región "lisa" y una región

"pilosa" La región "lisa" (homogalacturonano) es un polímero lineal de residuos de ácido galacturónico con enlaces α -(1→4), sustituidos por residuos de metilo y acetilo. La región "pilosa" es una estructura compleja, que contiene xilogalacturonano, ramnogalacturonanos I (RGI) y II (RGII). El xilogalacturonano es una cadena de ácido D- galacturónico con enlaces α -(1→4) , que está altamente sustituida con β - D- xilosa en la posición C-3. La cadena principal del ramnogalacturonano I contiene repeticiones de α -(1→4)- L -galacturonato y α -(1→2)- L- ramnopiranosas. Los residuos de ramnosa están altamente sustituidos con polisacáridos como el arabinano , el galactano o el arabinogalactano . El ramnogalacturonano II es el glicano más complejo conocido, ya que contiene 13 azúcares diferentes y 21 enlaces glucosídicos distintos. El RGII tiene una estructura principal de homogalacturonano que está altamente sustituida por al menos doce monosacáridos diferentes.

La biodegradación de la pectina es un proceso complejo realizado por un conjunto de enzimas . El término «pectinasa » se utiliza para designar a un grupo de enzimas que catalizan la degradación de la pectina mediante reacciones de hidrólisis , transeliminación y desesterificación(Analese Roman-Benn, 2023)

4.7. CLASIFICACIÓN DE LA PECTINA

Las pectinas se dividen en tres grupos, los cuales son clasificados de acuerdo a sus propiedades de gelificación que están relacionadas con el grado de esterificación metílica que poseen, esos grupos son; pectinas con alto índice de metoxilo, bajo índice de metoxilo y pectinas amídicas con bajo índice de metoxilo. (Hernández, 2015)

1. Las pectinas con alto índice de metoxilo, que determina el grado de esterificación con radicales metílicos contienen más de un 50% de unidades del ácido poligalacturónico esterificadas y por lo tanto no reaccionan con iones calcio. El poder de gelación depende, entre otros, del contenido del ácido, del tipo de pectina y de la cantidad de sólidos solubles, que generalmente es más del 55%. Estas pectinas reaccionan con la caseína y sirven para estabilizar bebidas fabricadas a partir de leche ácida. Este tipo de pectinas son la que se suelen encontrar en las cáscaras de la naranja valencia.
2. Las pectinas con bajo índice de metoxilo, son las que tienen menos del 50% de unidades esterificadas del ácido poligalacturónico y por lo tanto forman geles no sólo con sólidos solubles que contienen iones calcio sino también con azúcares y otros ácidos. En este caso el poder de gelación también depende mucho del pH que se tenga y de la concentración de iones calcio, lo cual influye en la textura de la gelatina formada.

3. Las pectinas amídicas con bajo índice de metoxilo son aquellas que han sido desmetoxiladas con amoníaco en lugar de usar ácidos. En cuanto se hace el proceso de desmetoxilación, una parte de los grupos éster se reemplaza por grupos amida, lo cual modifica las propiedades de gelación de la pectina, y estas también requieren de pequeñas cantidades de iones de calcio para el proceso de gelatinización.

4.8. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINAS.

Los métodos para la extracción de pectinas comúnmente incluyen métodos químicos como una hidrólisis ácida ya sea convencional o asistida por microondas o ultrasonido, también están los métodos enzimáticos y los que combinan diferentes técnicas, la elección del método a usar depende de los factores de la materia prima, como el rendimiento deseado, la calidad de la pectina y también se toman en cuenta consideraciones ambientales. Las técnicas de extracción comunes son la extracción por arrastre de vapor e hidrodestilación y las no comunes son la de extracción asistida por microondas o ultrasonido y por hidrólisis ácida, el cual este es el más utilizado a nivel industrial.

La extracción industrial de pectinas se realiza por medio de una **hidrólisis ácida** en donde los solventes más utilizados son el agua, etanol y metanol, Cuando se obtienen pectinas a nivel industrial se realiza la extracción de esta a partir de material vegetal, se lleva a cabo una purificación del extracto líquido, concentración de pectinas a partir de extracto líquido y secado, para mejorar esta técnica se suele utilizar US (ultrasonido); causando efectos mecánicos por una mayor concentración del solvente en la materia celular optimizando la transferencia de masas, este método es el principal para una extracción de pectina, el cual puede ser convencional, o asistida por ultrasonido o microondas en el que se usa el calor para disolver la pectina de la matriz vegetal.

El método de **extracción por vía química** se lleva a cabo por dos fases; en la primera fase protopectina (material insoluble en agua encontrado en vegetales) es el precursor de la pectina (material soluble en agua); y esta transformación se realiza por despolimerización restrictiva de la protopectina. En la segunda fase la pectina solubilizada se difunde desde la matriz del tejido vegetal hacia la solución extractante. Al realizarse la extracción por métodos fisicoquímicos, una parte de la pectina solubilizada se degrada de forma simultánea al proceso de extracción en elementos de menor peso molecular.

También están los métodos de **extracción por medio de técnicas microbiológicas**, se refiere principalmente a la obtención de este heteropolisacárido mediante el cultivo de microorganismos productores de Pectinas en medios conteniendo la materia prima. La utilización de levaduras (*Trichosporon*

penicillatum, Kluyveromyces marxianus y Endomycopsis capsularis) que producen PPasas por fermentación en medio líquido, que a su vez tienen la capacidad de liberar pectina altamente esterificada y un aceptable peso molecular bajo hidrólisis restringida de la protopectina.. (Vladimir Rubiano Gonzalez, 2022)

4.9. PECTINA CÍTRICA.

La pectina cítrica es un polisacárido natural que se extrae de la cáscara de frutas cítricas, como naranjas, limones y mandarinas. Se utiliza ampliamente en la industria alimentaria y en otras aplicaciones debido a sus propiedades gelificantes y espesantes, así como a sus beneficios para la salud y para sustituir las pectinas comerciales.

4.9.1. CARACTERÍSTICAS.

Dentro las principales características y más importantes de este tipo de pectina es que tiene la capacidad de formar geles en soluciones con alto contenido de azúcar y pH ácido, lo cual es crucial en la fabricación de mermeladas, jaleas y productos similares. Así mismo es soluble en agua caliente y forma una solución viscosa cuando se mezcla con líquidos. Otra característica es que posee una Función Espesante a pesar de tener ya su propia capacidad de gelificación, la pectina cítrica también se utiliza como agente espesante en productos como yogures y bebidas.

Algunas investigaciones sugieren que la pectina cítrica puede tener efectos beneficiosos en el control de la glucosa en sangre ya que gracias a su capacidad, puede formar un gel en el tracto digestivo para ralentizar la absorción de azúcares, lo que podría ser útil para las personas con diabetes tipo 2, otra características principal es que la pectina cítrica, al ser una fibra soluble, puede tener efectos positivos en la salud digestiva al promover la regularidad intestinal y proporcionar alimento para las bacterias beneficiosas en el intestino.

De igual manera se ha sugerido que la pectina cítrica puede tener un impacto positivo en los niveles de colesterol ya que la fibra soluble que contiene podría ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL «colesterol malo» en sangre.

V. JUSTIFICACIÓN

En la industria alimentaria existe una amplia gama de empresas que se dedican a la comercialización de jugos u otros productos a base de frutos cítricos, en donde también terminan aportando a la contaminación debido a las altas cantidades de desperdicios que se crean debido a que se considera inservible y desechable ya que no es de uso comercial.

Durante los últimos años la tendencia de reducir la contaminación es cada vez más, se han intentado implementar soluciones en donde esos desperdicios sean aprovechados generando subproductos con la finalidad de reducir la acumulación y contaminación, además de querer sustituir productos sobre procesados por subproductos más amigables con la salud humana o ambiental.

En el estado de Campeche se encuentran empresas que se dedican a la elaboración de jugos y que están interesados en sacarle mayor provecho al fruto, tal es el caso de las cáscaras de naranja dulce obtenidas de una empresa 100% campechana, en donde una vez pasadas por un proceso esas cáscaras terminan sobrando y creando así un desperdicio y pérdida, por lo que se le busca dar otro uso.

En este estudio se busca aprovechar la cáscara sobrante de la producción de jugos dándole un objetivo más, que es manejarla como fuente de pectina, en donde se beneficiaría la empresa y la industria alimentaria, ya que se le estaría dando un uso adicional a su materia prima sobrante que mayormente se considera un desecho sin valor comercial.

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Extraer pectina cítrica mediante cáscaras de naranja dulce provenientes de una empresa campechana haciendo uso del ácido cítrico, aplicandola en el desarrollo de un producto alimentario.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener pectina cítrica a través de una hidrólisis ácida
2. Determinar las características físicas químicas (Capacidad de hinchamiento, viscosidad, pH, °BX, acidez y color) de la pectina extraída.
3. Clasificar la pectina extraída en bajo o alto metoxilo.
4. Comprobar la capacidad de pectina mediante la elaboración de un producto alimentario.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

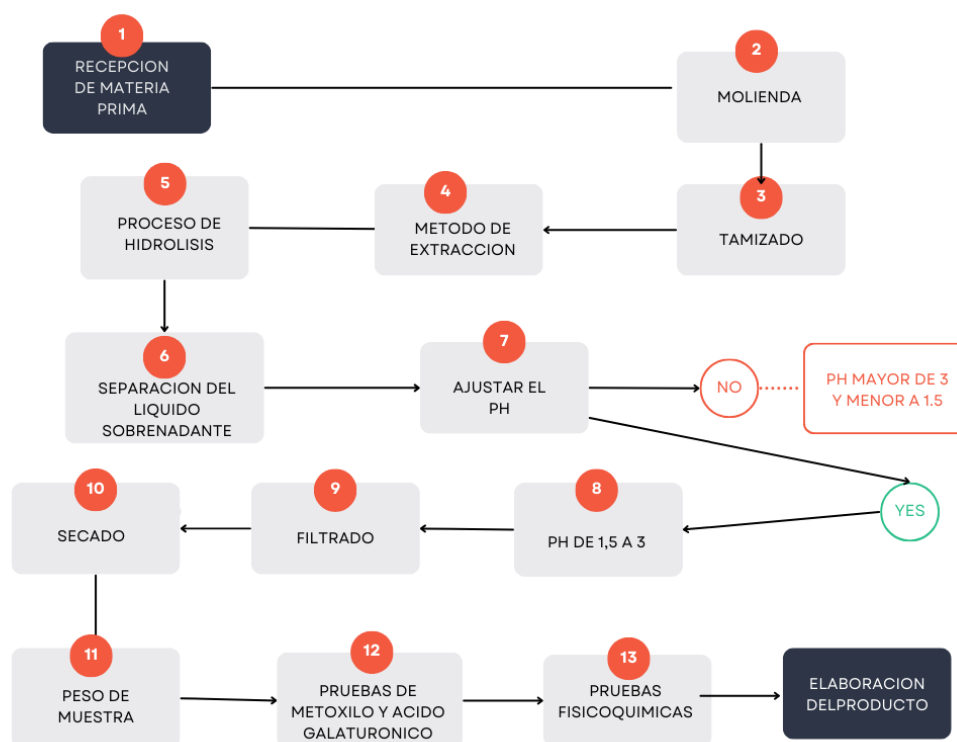


Figura 7 Metodología general del proceso

7.1. OBTENCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada fue cáscaras de naranja dulce de valencia obtenidos de una empresa dedicada a la elaboración de jugos, las muestras fueron almacenadas en el ITESCAM en noviembre de 2024, se conservaron bajo congelación hasta su uso.



Figura 8 Naranja dulce de valencia

7.2. RECEPCIÓN DE LA CÁSCARA.

La materia prima fue lavada y se removió el bagazo (endospermo), se cortaron en trozos y posteriormente se colocaron en bandejas metálicas, se llevaron al horno de convención a 60 ° por 3 días para después ser sacadas.

7.3. MOLIENDA Y TAMIZADO

Una vez que las cascaras estuvieran libre de humedad se prosiguió con la parte de la molienda y tamizado, en donde por porciones se fueron añadiendo a una licuadora para poderse mover y obtener un tamaño más pequeño para tener mejor presentación.

7.4. MÉTODO DE EXTRACCIÓN

Para realizar la extracción de pectina se hizo mediante una hidrólisis ácida de tipo abierto, en donde se tomaron 50 g de muestra triplicado y por dos, ya que se tomó en cuenta el ácido clorhídrico y el ácido cítrico para la extracción, por lo que por cada ácido se tomaron tres muestras teniendo un total de 6 muestras, los 50 g fueron diluidos en agua destilada hasta cubrir las partículas, una vez completamente diluidas se midió el pH inicial, posterior a ello se añadió el ácido (Cítrico y Clorhídrico al 0.5 N) poco a poco para bajar el pH a un rango de 1.5 a 2 y anotando el gasto de cada ácido.

Cada muestra se colocó en una placa de calentamiento con agitación hasta que lleguen a una temperatura de entre 75 a 85°, una vez que se tenga la temperatura requerida se sigue moviendo por 40 minutos evitando que hierva.

Después de los 40 minutos se prosiguió a realizar el filtrado, en donde se usó una tela de algodón para que se evitara pérdida de muestra. El filtrado se dejó en un vidrio de reloj y se llevó al horno por 45° por 24 horas. Finalmente, pasado el tiempo, la muestra se pesó y se calculó el rendimiento.

7.5. PRUEBAS DE METOXILO

Para la prueba de metoxilo se tomaron 5g de pectina que fue diluida en 5 ml de ácido clorhídrico y 100 ml de alcohol al 60% y fue agitada por 10 minutos. Pasado el tiempo fue filtrado con un embudo y papel filtro; durante este proceso, se lavó con 6 porciones de 15 ml de una mezcla entre ácido clorhídrico y alcohol etílico al 60% hasta que el gel filtrado estuvo libre de todos los cloruros. Finalmente se lavó con

20 ml de alcohol y se llevó a secar a un horno de convección a 105° por 1 hora, se dejó enfriar y se pesó para anotar rendimiento.

Luego del pesado se tomó una parte de la muestra y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 250 ml y se humedeció con 2 ml de alcohol. Posteriormente se agregaron 100 ml de agua libre destilada, se tapó y se agitó hasta que la pectina este completamente disuelta.

Para la titulación se agregaron 5 gotas de fenolftaleína y se tituló con una solución de NaOH al 0.5 N, se anotó el valor como una valoración inicial; seguidamente se agregaron 20 ml de NaOH al 0.5N, se agitó vigorosamente y se dejó reposar por 15 minutos.

Pasados los 15 minutos se agregaron 20 ml de HCL al 0.5N hasta que el color rosado vaya desapareciendo, se vuelve a titular con 3 gotas de fenolftaleína valorando con solución de NaOH al 0.5N hasta que se obtuvo un color rosa pálido y que este persista después de agitar fuertemente la muestra, el valor dado se anota como valor de saponificación.

Para calcular el metoxilo cada ml gastado de NaOH 0.5 N consumido fue equivalente a 15.52 mg de grupos metoxilos (-OCH₃) en la muestra seca. La fórmula para calcular los metoxilos es:

$$\text{Metoxilo} = (\text{Gasto1}) (15.52 \text{ mg})$$

En donde el gasto 1 es equivalente del gasto obtenido de la primera titulación.

7.6. ÁCIDO ANHIDRO GALACTURÓNICO (AAG)

Para calcular el AAG se tomó en cuenta el ml de solución de NaOH 0.5 N consumido en la valoración total en una pequeña formula que consiste en:

$$\text{AAG} = (\text{valoración inicial} + \text{valor de saponificación}) (97.07 \text{ mg})$$

En donde los 97.07 es el equivalente del ácido galacturónico (C₆H₁₀O₇)

7.7. CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA PECTINA CÍTRICA.

Se realizaron una serie de análisis fisicoquímicos con la finalidad de determinar el comportamiento de la pectina cítrica, su composición y su estructura y que se encuentre entre los parámetros de calidad y seguridad para su uso en la industria alimentaria. Los análisis realizados fueron los siguientes:

7.8. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO.

Para esta prueba se utilizó una probeta de 10 ml, de tal manera que la muestra fue colocada en el recipiente hasta completar 1 mM con pH de 2.0, se dejó reposar por 24 horas a incubación a 25° C. Pasado el tiempo se observó que tanto se expandió la pectina y se determinó el hinchamiento con la siguiente formula.

$$CH = (V_f \text{ (ml)} - V_o \text{ (ml)}) / \text{peso de la muestra (g)}$$

En donde:

Ch= capacidad de hinchamiento

Vf= es el volumen final de la muestra, que tanto se hincho

Vo= El volumen inicial del contenido en la probeta

7.9. VISCOSIDAD

Para la viscosidad se usó el viscosímetro rotacional Brookfiel ocupando el rodillo número 4. Se prepararon 500 ml de jarabe de sacarosa a 65° Brix con pH de 2.5. Esta solución se sometió a calor para que la disolución de los azúcares sea más rápida. Posteriormente se agregaron 2 gramos de pectina y se esperaron 10 minutos bajo agitación constante. Luego se dejó reposar por 24 horas para que gelifique. Finalmente se pasó al equipo para analizar la viscosidad.

7.10. pH

Para medir el pH de la pectina se hizo uso del potenciómetro el cual se calibró con agua antes de medir el pH de la muestra. Una vez calibrado se introdujo la muestra en el electrodo por unos minutos hasta que indicó el valor del pH. Se realizaron 3 repeticiones con la finalidad de obtener un promedio y que los datos sean certeros.

7.11. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES (°BX)

Para medir los SST se utilizó un refractómetro digital, el cual se calibró con agua. Después se colocó la muestra para medir los grados brix, este procedimiento se llevó a cabo 3 veces con la finalidad

de obtener un resultado más seguro.

7.12. ACIDEZ

Esta prueba se realizó mediante el método de acidez titulable, en donde se tomó 5 g de muestra y se diluyó en 50 ml de agua, posterior a ello se tomaron 10 ml de la muestra y se tituló con una concentración de hidróxido de sodio NaOH 0.5 N y fenolftaleína. Se realizaron 3 repeticiones para obtener un resultado más seguro y realizar un promedio

7.13. COLORIMETRÍA

En esta prueba se hizo uso del colorímetro digital. El color fue analizado mediante el índice de color, en donde los datos se arrojan de manera L, a y b, en donde son parámetros del sistema de color CIELAB. En donde L es proporcional al valor de luminosidad de la muestra, a representa la posición dentro la escala entre verde y rojo, en donde un valor positivo indica una tonalidad más rojiza mientras que un valor negativo indica una tonalidad más verdosa, en cuanto al b representa una variación entre el color amarillo y azul, resultado positivo indica tonalidad amarilla y resultado negativo tonalidad azulada.

7.14. ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ALIMENTARIO (MERMELADA)

Para elaborar la mermelada se realizó la siguiente formulación:

Pectina: 5%

Azúcar: 35%

Fruta: 60%

Cada dato será multiplicado dependiendo de cuanto de fruta se tenga, en este caso peso 300g de piña cortada por lo que los datos de la formulación fueron por 3 quedando de la siguiente manera:

Pectina: 15g

Azúcar: 105g

Fruta: 300g

7.15. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

Tabla 1 *Pruebas fisicoquímicas de la mermelada*

Parámetro	resultados
Actividad de agua	0.89aw
Color	16.61
SST	23.60%
pH	23.90%
Acidez	0.19%

En este caso se tiene una alta actividad de agua donde muy probablemente se tenga crecimiento de algún microorganismo como hongos, levaduras y mohos, pero el crecimiento bacteriano es limitado ya que estas ocupan a partir de 0.97, la alta AW en la mermelada se debe a que no se tiene agregado algún tipo de conservador ya que es una mermelada casera.

VIII.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. EXTRACCIÓN DE LA PECTINA CÍTRICA DE LA NARANJA DULCE.

Para la extracción de la pectina se tomaron 50 g de muestra por triplicado de ácido cítrico y clorhídrico, luego se sometieron a secado y finalmente se obtuvo un rendimiento que es mostrado en la siguiente tabla.

Se observa que el que tuvo un mejor rendimiento es el ácido cítrico

Tabla 2 *Rendimiento de la pectina*

RENDIMIENTO				
Muestras	Núm. De muestra	Materia prima (g)	Pectina obtenida(g)	Rendimiento (%)
Ácido clorhídrico	M1.1	50	33.3	66.6
	M1.2	50	31.67	63.34
	M1.3	50	32.64	65.28
Ácido cítrico	M2.1	50	38.1	76.2
	M2.2	50	42.64	85.28
	M2.3	50	37.85	75.7

Tabla 3 *pH antes de iniciar con la hidrólisis*

pH INICIAL Y FINAL			
Ácido clorhídrico	M1.1	4.09	2.37
	M1.2	4.05	2.35
	M1.3	4.09	2.32
Promedio	2.346		
Ácido cítrico	M2.1	4.09	2.38
	M2.2	4.06	2.41
	M2.3	4.06	2.4
PROMEDIO	2.396		

Se puede observar el pH que se tuvo en un inicio y también se visualiza hasta donde se logró bajar antes de iniciar con la hidrólisis, ya que en otros estudios se menciona que debe ser un pH de 1,5 a 2 para poder iniciar con la hidrólisis.

8.2. PRUEBA DE METOXILO

Los resultados en la prueba fueron calculados mediante una formulación en donde cada mL. de NaOH 0.5 N VS consumido, es equivalente a 15.52 miligramos de grupos metoxilos (-OCH₃), en muestra seca, por lo que se utilizó el gasto 1 de la primera titulación.

$$\%Metoxilo = (VC) (15.52 \text{ mg})$$

En donde:

VC= valor consumido de la primera titulación.

Tabla 4 Resultados de la prueba de metoxilo

Muestra	%Metoxilo
M1	431
M2	43.45
M3	43.45
PROMEDIO	172.633

Gráfico 1 Gráfico de dispersión de los resultados de la prueba de metoxilo

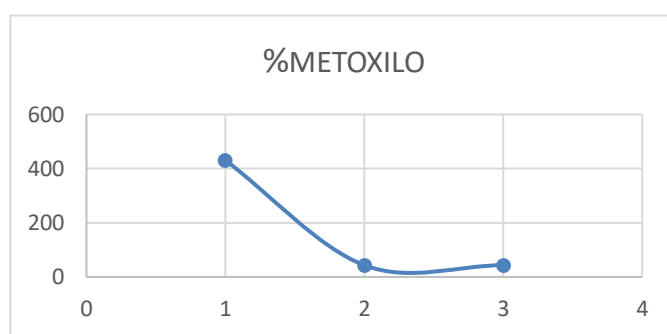


Tabla 5 Resultados tomando en cuenta dos datos cercanos

Muestra	%Metoxilo
M2	43.45
M3	43.45
PROMEDIO	43.45

En la tabla 3 se muestran los datos de las tres muestras de ácido cítrico, en donde claramente se nota la diferencia que se tiene en la muestra uno a comparación de las dos últimas, de igual manera en la gráfica de dispersión se observa como la muestra uno está a un poco cercanía a la muestra 2 y 3. Por lo que se toman en cuenta solamente la muestra 2 y 3, como se muestra en la tabla 4. Cuando el porcentaje de metoxilo es mayor de 50% es alto metoxilo, si el porcentaje es menor del 50% es bajo, por lo que se tiene un resultado de bajo metoxilo.

8.3. ÁCIDO ANHIDROGALACTURÓNICO (AAG)

Para conocer el porcentaje del Ácido Anhidrogalaturonico se hizo una formulación en donde cada mL de solución de NaOH 0.5 N VS consumido en la valoración total (valoración inicial + valoración de saponificación en los grupos metílicos) es equivalente a 97.07 mg. de ácido galacturónico (C₆H₁₀O₇).

Expresado en fórmula se tiene que:

$$\%AAG = (V_o + V_s) (97.07mg)$$

En donde:

V_o: valor consumido de la primera titulación

V_s: valor de saponificación de la segunda titulación.

Tabla 6 Resultados de la prueba de AAG

MUESTRA	%AAG
M1	3,057.70
M2	795.974
M3	786.267
PROMEDIO	1,546.65

Gráfico 3 Gráfico de dispersión de los resultados obtenidos

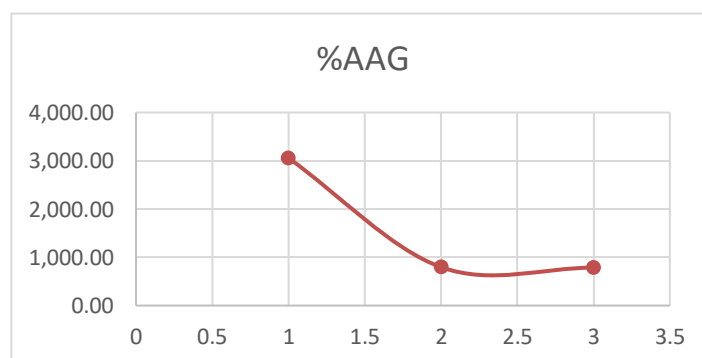


Tabla 7 Resultados de dos datos con mayor cercanía.

MUESTRA	%AAG
M2	795.974
M3	786.267
PROMEDIO	791.1205

En la tabla anterior se muestran los resultados que se obtuvieron en la prueba de AAG, en donde la muestra uno dio un resultado totalmente diferente al resto, con una notoria diferencia en las cantidades, de igual forma se observa en la gráfica de dispersión que efectivamente la distancia que se tiene es totalmente lejana y fuera del rango que la muestra 2 y 3 presentan, por lo tanto, se toman en cuenta para promediar solamente la muestra dos y tres.

8.4. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA PECTINA

Con la extracción de pectina a través de una hidrólisis ácida abierta se realizaron las pruebas fisicoquímicas para conocer el comportamiento de la pectina, en la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos de cada prueba.

Tabla 8 Resultados de las pruebas fisicoquímicas

Parámetro	Resultado
Capacidad de hinchamiento	4.37 mVg
Viscosidad	6.50%
Acidez	0.23%
pH	2.57
Grados brix	0.7%
Color	17.33

8.5. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO

Los resultados obtenidos en la capacidad de hinchamiento fueron de 4.37 mVg de pectina siguiendo la formula, otros estudios reportan datos similares a el resultado.

8.6. VISCOSIDAD

El resultado del análisis de la viscosidad de la pectina cítrica es de 6.5% que fue analizado haciendo uso del rodillo 4.

8.7. ACIDEZ

En la prueba de acidez se tuvo como resultado que tiene un porcentaje de acidez de 0.2336%, el cual se obtuvo a partir de la fórmula para calcular el porcentaje de acidez, la fórmula se encuentra en el anexo 1 de este documento.

8.8. pH

El resultado obtenido a través del potenciómetro para medir pH de la pectina cítrica fue de 2.57, que coincide con el pH de pectinas de bajo metoxilo, ya que esas varia de 2.5 a 7.0

8.9. SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

De la prueba de SST, se tuvo un resultado de 0.7% por lo que se tiene una medida baja de solidos solubles, por lo que al ser una pectina con bajo metoxilo es correcto que no tenga tantos azucares.

8.10. COLOR

Los resultados de la prueba de color fueron obtenidos mediante el sistema CIELAB, es el sistema que se utiliza para medir el color con los valores L, a y b. En la siguiente tabla se muestran los valores que fueron obtenidos de cada uno de los tres parámetros.

Tabla 9 *Resultados de la prueba de colorimetría*

Parámetros	Resultado
L	16.93
a	0.59
b	3.7

En donde el valor L^* indica la luminosidad o el brillo, cuando es positivo es porque tiene un color claro, el valor a^* indica estar inclinado ante colores rojos y el b^* al ser positivo tiene tendencia al color amarillo. Tomando como base esos resultados se utilizó la formula ΔE (Anexo2) para conocer el valor, el cual como resultado dio 17.33 que de acuerdo con la escala de colores (Anexo 3) tiene un color amarillento muy claro.

IX.CONCLUSIÓN

Tomando en cuenta los objetivos planteados al inicio y con base a los resultados obtenidos en cada aspecto fisicoquímico analizado, se llega a las siguientes conclusiones que:

Al extraer pectina cítrica se tuvo mejor rendimiento al utilizar ácido cítrico a pesar de ser un ácido más suave a comparación al ser extraído con ácido clorhídrico, eso debe ser gracias a que el ácido cítrico es un ácido orgánico suave y es menos probable que cause alguna degradación de la pectina y así prevenir algunas pérdidas de más, por lo que al ser extraída con ácido cítrico se tiene mayor rendimiento y calidad.

Para conocer mejor el comportamiento de la pectina cítrica fue necesario realizar análisis fisicoquímicos que nos ayuden a identificar si los parámetros son adecuados para una pectina, y de acuerdo a los análisis obtenidos se tiene un excelente comportamiento de cada uno de ellos, en el caso de la capacidad de hinchamiento se observó que no se había cumplido la hora establecida y ya había crecido su tamaño, lo cual fue excelente, de igual forma cuenta con buen pH que entra entre El pH ideal para las pectina, en cuanto al resto de los análisis se compararon con otros trabajos y coinciden en cuando a los resultados.

Tras haber analizado el porcentaje de metoxilo y acido anhidro galacturónico se concluyó con que la pectina cítrica en este caso es de bajo metoxilo, lo cual es bueno y es buena opción si se quiere llegar a elaborar productos bajos en azúcar ya que se ha de utilizar calcio en su lugar, esta pectina de bajo metoxilo es una buena alternativa para aquellas recetas cuyo objetivo sea reducir calorías, respecto a la pureza medida en el análisis de ácido anhidro galacturónico también se tuvo un buen resultado.

Finalmente se pudo observar la capacidad que la pectina tiene al momento de ser utilizada mediante una producto alimentario, en este caso una mermelada, en donde durante el proceso se observó un buen comportamiento, sin embargo al realizar los análisis físico químicos de la mermelada se pudo notar que la actividad de agua fue alta con probabilidad de que crezcan hongos ya que al ser un producto casero no cuenta con conservadores, sin embargo la pectina funcionó de manera correcta teniendo un buen producto y con un buen sabor.

X. RECOMENDACIONES

Se recomienda siempre realizar las pruebas por triplicado para tener mejor certeza al momento de interpretar los resultados.

De igual forma, se recomienda cambiar al rodillo 4 en el viscosímetro ya que con ese se observa un resultado más estable.

Con respecto a la elaboración del producto (mermelada) se tuvo un buen comportamiento por parte de la pectina, ya que tiene la AW adecuada para que no tenga crecimiento de bacterias, sin embargo, al no tener algún a clase conservador si pueden crecer hongos., por lo que se recomienda añadir algún conservador como benzoato de sodio.

XI.REFERENCIAS

- Analese Roman-Benn, C. A. (Octubre de 2023). Pectina: una descripción general de las fuentes, la extracción y las aplicaciones en productos alimenticios, biomédicos, farmacéuticos y ambientales. *Science Direct*. Recuperado el 10 de Julio de 2025
- Bach. Espinoza rodríguez, y. m. (2018). “COMPARACIÓN DEL MÉTODO TRADICIONAL DE EXTRACCIÓN DE. Recuperado el 06 de julio de 2025, de
- FAO. (2025). *Mercados y Comercio*. Recuperado el 08 de Julio de 2025, de Food and Agriculture Organization of the United Nations:
- Garavito, E. C. (2019). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE RESIDUOS DE. Recuperado el 06 de JULIO de 2025
- Hernández, M. G. (27 de Octubre de 2015). Obtención y caracterización de pectinas por el método ácido. Recuperado el 10 de Julio de 2025,
- Kamal, M. K. (04 de Febrero de 2021). Extracción y caracterización de pectina de la cáscara de Citrus sinensis. Recuperado el 07 de Julio de 2025
- Mariana A Andrade, C. H. (2022 de Diciembre de 25). Subproductos cítricos : valiosa fuente de compuestos bioactivos para aplicaciones alimentarias. *National library of medicine*. Recuperado el 08 de Julio de 2025
- Medina, G. A. (2023). Los Cítricos. *Monografías de botánicas*. Recuperado el 08 de Julio de 2025, de
- Paola Monserrat García-García, A. G.-A.-A. (29 de Noviembre de 2023). Métodos de extracción de pectina en frutos: Revisión sistemática. Recuperado el 06 de Julio de 2025
- Silva, N., Arroyo Benites, E., & Morales Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Recuperado el 10 de Julio de 2025
- Vladimir Rubiano Gonzalez, M. M. (2022). *Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria*. Ciencia latina. Recuperado el 10 de Julio de 2025

XII. ANEXOS

Anexo 1

Formula para calcular el porcentaje de acidez

$$\% \text{ acidez} = \frac{V(OH) * (OH) + 0,064 * 100}{Vm}$$

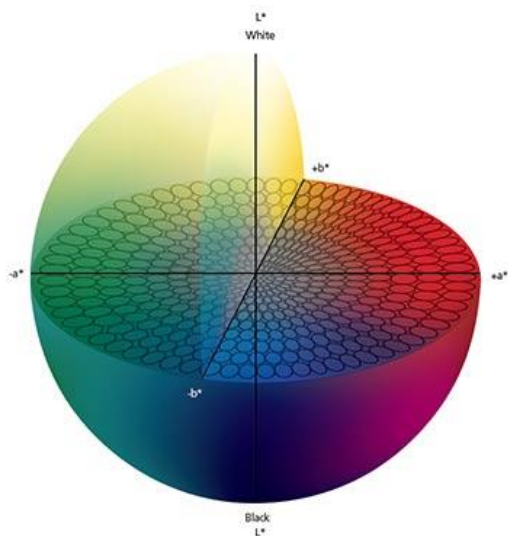
Anexo 2

Formula para CIELAB

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Anexo 3

Sistema CIELAB



Anexo 4

Pectina Cítrica



Anexo 5

Mermelada de piña

