

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE CALKINÍ

“APROVECHAMIENTO DE CÁSCARA DE NARANJA DULCE (*Citrus sinensis*) PARA LA
EXTRACCIÓN DE PECTINA”

TESIS PARA TITULACIÓN INTEGRAL

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

EGRESADA

ALEJANDRA GABRIELA DZUL CACH

DIRECTOR

DR. EDUARDO MAY OSIO

CODIRECTOR

DR. YASSER ALEJANDRO CHIM CHI

Calkiní, Campeche, México 2025

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA



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/10/25/787

INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

MODALIDAD: TESIS

C. ALEJANDRA GABRIELA DZUL CACH 7345
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: "**APROVECHAMIENTO DE CASCARA DE NARANJA DULCE (CITRUS SINESIS) PARA EXTRACCIÓN DE PECTINA**".

ATENTAMENTE

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



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE CALKINÍ
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR Y APOYO A
ESTUDIANTES

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

CLAVE: 84MSU0013P
CALKINÍ, CAMPECHE, MÉXICO.

C.c.p. Archivo



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_dalkini@tecnm.mx | itescam.edu.mx



DEDICATORIA

A mis padres, Sara Cach Panti y Pedro Dzul Avila por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; mucho de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mi abuelo, quien me enseñó que la educación es la clave para un futuro mejor. Su apoyo y motivación fueron fundamentales en mi trayectoria académica. Aunque no esté aquí para celebrar este logro sé que está en un lugar mejor, mirándome con orgullo.

A mis hermanos, por ser mi inspiración, mis cómplices y mis amigos incondicionales. Cada uno de ustedes es parte de este logro.

A mi mejor amiga Naydeli, por su apoyo incondicional, compañía y por estar siempre a mi lado en cada etapa de este camino

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, quienes con su esfuerzo y sacrificio han hecho posible que yo tenga una educación y una vida mejor. Les agradezco por sus noches sin dormir, sus días de trabajo agotador y sus momentos de preocupación constante por mi bienestar. Su amor y apoyo han sido mi motor para seguir adelante, y les estoy eternamente agradecida.

A mis asesores el Dr. Yasser Alejandro Chim Chi y Dr. Eduardo May Osio por su paciencia, sabiduría y apoyo constante. Su retroalimentación y sugerencias me permitieron mejorar significativamente mi trabajo, y le estoy agradecido por su inversión de tiempo y esfuerzo en mi educación.

A mis niñas Eli, Sher, Nay y Mer, mis compañeras de universidad, por cada risa, desvelo, consejo y palabra de aliento. Su amistad hizo de este camino un recorrido más ligero y especial.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
INDICE DE TABLAS	VII
INDICE DE FIGURAS	VIII
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 2: RESUMEN	2
CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES	3
CAPITULO 4: MARCO TEORICO	5
4.1 Generalidades de la naranja dulce	5
4.2 Características.....	5
4.3 Anatomía de la naranja	6
4.4 Propiedades nutricionales	7
4.5 Cáscara de naranja	8
4.6 Residuos agroindustriales	9
4.6 ¿Qué es la pectina?	10
CAPÍTULO 5: JUSTIFICACIÓN	17
CAPITULO 6: OBJETIVOS	19
6.1 Objetivo general	19
6.2 Objetivo específico	19
CAPITULO 7: METOLOGIA.....	20
7.1 Diagrama de flujo	20
7.2 Obtención de la materia prima.....	20
7.3 Recepción de la cáscara.....	20
7.4 Secado de cáscara	21
7.5 Molienda y tamizado.....	21
7.6 Método de extracción (HIDRÓLISIS ÁCIDA DE TIPO ABIERTO)	21
7.7 Pruebas de metoxilo.....	21
7.8 Ácido Anhidro Galacturónico.....	22
7.9 Caracterización de la pectina crítica	22
7. 9.1 Capacidad de hinchamiento	22

7. 9. 2 viscosidad.....	22
7. 9. 3 pH	23
7. 9. 4 Sólidos Solubles Totales	23
7. 9. 5 Acidez.....	23
7. 9. 6 Colorimetría.....	23
CAPITULO 8: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
CAPÍTULO 10: RECOMENDACIONES	29
CAPÍTULO 11: REFERENCIAS	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición por 100g de porción comestible	8
Tabla 2.pH inicial y final.	24
Tabla 3.Tabla resultados de grupos metoxilos.....	24
Tabla 4.Resultados de Acido Anhidro Galacturonico.....	25

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía De Una Naranja (Ndongusto, 2020)	6
Figura 2. Diagrama De Flujo De La Pectina.....	20

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Con los datos recolectados por el Servicio de información Agroalimentaria Y Pesquera (SIAP) se dió a conocer que México es uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial, y que produce más de 4.5 millones de toneladas aproximadamente de naranja dulce anualmente.

Una parte de esta producción se destinan a las industrias de jugos por lo que se generan grandes cantidades de residuos agroindustriales. Particularmente las cáscaras, bagazos y semillas quedan como residuos representando entre el 45% y el 55% del peso total del fruto, pudiendo ser usados para extraer subproductos como la pectina (Bocco, 2008).

La pectina es un producto que se encuentra de forma natural en las paredes celulares de todas las plantas superiores. La industria alimentaria, cosmética y farmacéutica la utiliza por sus características gelificantes, espesantes y estabilizadoras (Pectina, 2015). La pectina es un grupo de heteropolisacáridos, una mezcla de polímeros ácidos y neutros que contribuyen en un 30% de la pared celular de las plantas y un 3% del peso de las frutas (Pochteca, 2024). Hay dos tipos de pectinas una de ellas es: HM (alto metoxilo); DM mayor o igual a 50% de grupos metoxilos; y LM (bajo metoxilo). Se describe como grado de metoxilación la proporción entre los grupos metoxilos y los ácidos libres que se encuentran en la estructura molecular de la pectina. El grado de metoxilación influye en las características de la pectina, especialmente en las condiciones requeridas para la gelatinización (Bernal, 2024)

La pectina cítrica posee un gran valor en el ámbito industrial gracias a su habilidad para gelificar, así como espesante, estabilizante, emulsificante y agente de texturización de diversos productos alimentarios como la mermelada o bebidas funcionales. Por lo tanto, la cáscara de naranja es un recurso valioso aun no suficientemente aprovechado por sus principales componentes funcionales, presentes en la pared celular en la cáscara de naranja (May, 1990).

CAPÍTULO 2: RESUMEN

La naranja es un fruto que se puede comer y proviene de un árbol que crece originalmente en la parte oriental del mundo, en particular en China y el archipiélago malayo. Este árbol se llama naranja dulce (*Citrus sinensis*) y naranja amargo (*Citrus aurantium*).

México es uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial, ocupando consistentemente los primeros lugares en la producción de naranja dulce (*Citrus sinensis*). De acuerdo con datos del Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), teniendo un aproximado que en México se produce más de 4.5 millones de toneladas de naranja dulce anualmente los mayores contribuyentes son del estado de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí (Bocco, 2008).

La pectina es un producto que se encuentra de forma natural en las paredes celulares de todas las plantas superiores. La industria alimentaria, cosmética y farmacéutica la utiliza por sus características gelificantes, espesantes y estabilizadoras (Pectina, 2015). Son un grupo de heteropolisacáridos, siendo una mezcla de polímeros ácidos y neutros que contribuye un 30% de la pared celular de las plantas y un 3% del peso de las frutas (Pochteca, 2024).

Por tanto, el objetivo de esta investigación es el aprovechamiento de la cáscara de naranja dulce (*Citrus sinensis*) para la obtención de pectina, evaluar su viabilidad como aditivo en la industria alimentaria y contribuir a la reducción del impacto ambiental.

CAPÍTULO 3: ANTECEDENTES

La investigación realizada en la Universidad de Cartagena por los autores Esteban Cabarcas Henao, Adrián Fernando Guerra Benedetti, Cesar Augusto Henao Balseiro llevando la carrera de Ingeniería Química en el 2012, realizaron la “Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción”. Teniendo como objetivo “Extraer y caracterizar pectina a partir de la cáscara de plátano Hartón (*Musa AAB Simmonds*), con el fin de proponer un diseño general del proceso de obtención y evaluar su viabilidad industrial.”. La materia prima que se utilizó fue la cáscara de plátano recolectadas en Cartagena. El proceso que se realizó fue una hidrólisis ácida con HCl en condiciones de pH 1.5 y 3.0 a 60 y 80 °C durante 60 min. En el diseño de producción se esquematizó un proceso industrial con equipos (tanques, filtros, secador, molino) y se hizo un análisis de costo/beneficio. Los resultados fueron que el rendimiento varió entre 7.53% y 23.06% teniendo en cuenta que el mejor rendimiento se obtuvo a 80 °C con un pH de 1.5. Su rendimiento fue de 23.06%, aunque la pectina se obtuvo oscura y con más impurezas. Hablando de calidad la mejor fue la que se logró a 60 °C con el pH de 3.0; se obtuvo la pectina con menos humedad y cenizas, aunque con un bajo rendimiento, de 8%. La pectina extraída fue de bajo metoxilo y gelificación rápida útil en la industria alimentaria. El análisis económico mostró que el proceso es viable si se optimiza el uso y recuperación de etanol. En conclusión, se determinó que la cascara de plátano es una fuente viable y competitiva de pectina con rendimientos comparables o superiores a fuentes comerciales como cítricos. Se demostró la posibilidad de diseñar un proceso industrial en Colombia, que contribuiría a reducir importaciones y aprovechar residuos agroindustriales. El producto cumple características que permiten su aplicación en la industria de alimentos, con potenciar también en la farmacéutica y química.

De igual manera, hay otros estudios que se realizaron en la Universidad Nacional Autónoma de México por el autor Aldo Dassaef Castro Aguilar de la Facultad de Química en el 2018. Teniendo su investigación con el nombre “Extracción del material péctico en residuos agroindustriales cítricos mediante un reactor termo-mecano-químico”. Por lo que su objetivo fue “Determinar las condiciones óptimas para la extracción de pectina a partir de residuos de cáscara de toronja previamente desengrasados, utilizando un reactor termo-mecano-químico, y comparar sus características con las de una pectina comercial.” La materia prima que se usó fue residuos de toronja del tipo albedo y flavedo

desengrasados por arrastre de vapor el método de extracción fue por hidrólisis alcalina con NaOH (0.25N, 0.5N, 0.75N y 1N) con las temperaturas 50, 70 y 90 °C. Teniendo un rendimiento más alto se obtuvieron con NaOH 0.5N (23–24%), seguidos por 0.75N (20%) y 0.25N (~10%). Con 1N no se recuperó pectina. La temperatura (50, 70 y 90 °C) no tuvo un efecto significativo en el rendimiento, pero sí en las propiedades reológicas del material. La pectina extraída mostró un comportamiento pseudoplástico similar al de la pectina cítrica comercial. Teniendo eso como resultado concluyeron que la concentración de NaOH es el factor crítico para el rendimiento de extracción, siendo óptima la de 0.5N. La pectina obtenida presentó características comparables con la comercial, lo que la hace viable para aplicaciones en la industria alimentaria. El reactor termo-mecano-químico representa una tecnología eficiente, ya que permitió tiempos cortos de extracción (3 minutos) con buenos rendimientos.

En la misma línea de investigación los autores L. Vázquez-Chávez y Z. Zarazúa-Sánchez realizaron una investigación con el nombre de “Extracción de pectina a partir de bagazo de manzana y su análisis” en la Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa México que fue publicado en el año 2023. Teniendo como objetivo “Determinar la influencia del pH, la temperatura y el tiempo de extracción en el rendimiento y la calidad de la pectina obtenida a partir de cáscara y bagazo de manzana.” Por lo que su materia prima fue la cáscara de manzana y bagazo. El método de extracción fue por la hidrólisis ácida que usó HCl al 25% a valores de 1.8, 2.2 y 2.6 a temperaturas de 60, 80 y 90 min. Por lo que sus resultados fueron que el rendimiento de pectina aumentó al disminuir el pH y elevar la temperatura, logrando entre 12-14% en condiciones óptimas con el pH 1.8 y temperatura de 90°C a 90 min. A mayor rendimiento, la fuerza del gel disminuyó, debido a la degradación de las cadenas de pectina. El grado de esterificación también se redujo en condiciones más ácidas y prolongadas. Se encontró una correlación positiva entre el peso molecular y la fuerza del gel. Por lo que concluyeron que el bagazo de la manzana es una materia prima viable para la obtención de pectina. Las condiciones que incrementan el rendimiento afectan negativamente la calidad del gel, por lo que se debe buscar un equilibrio entre cantidad y calidad para su uso en la industria alimentaria y farmacéutica.

CAPITULO 4: MARCO TEORICO

4.1 Generalidades de la naranja dulce

La familia *Rutáceas* es una familia muy amplia que contiene 1700 especies de plantas. De esta familia proviene la naranja dulce (*Citrus sinensis*). Dichas plantas crecen en países de climas cálidos y templados, donde el continente africano es donde se encuentran más especies.

De la familia dicha, las plantas más conocidas son los cítricos, especies que están incluidas en el género *Citrus*, al cual la naranja dulce pertenece (*Citrus sinensis*) (WEISS, 1997). La naranja es una mezcla de la pampelmusa (*Citrus máxima*) y la mandarina (*Citrus reticulata*), que contiene 25% de los genes que procede de la pampelmusa y un 75% de la mandarina (Koppert México, 2025).

La naranja es un fruto que se puede comer y proviene de un árbol que crece originalmente en la parte oriental del mundo, en particular en China y el archipiélago malayo. Este árbol se llama naranjo dulce (*Citrus sinensis*) y naranjo amargo (*Citrus aurantium*). La fruta tiene forma redonda y su piel es de color naranja. Durante la Edad Media, los musulmanes llevaron la naranja a Europa y en el año 1565, los españoles trajeron este fruto a América. Allí comenzaron grandes cultivos en California y Florida, que hoy en día son las áreas más importantes para la producción de naranjas a nivel mundial, junto con Brasil, Italia, India, España, México, Argentina y China (Ramírez-Gavidia et al., 2020).

4.2 Características

La naranja proviene de un árbol de porte mediano, perenne de copa grande, redonda o piramidal, que tiene hojas ovales de entre 7 a 10 cm de margen entero (Diseño Web Dagarweb, 2021).

El naranjo produce flores blancas conocidas como azahar, tiene dos formas de presentarse como solitarias y en racimos, siendo una flor sumamente aromática.

Siendo un hesperidio, teniendo una piel gruesa y rugosa para proteger la pulpa jugosa y dulce (Isis, 2022).

El color de la piel de la naranja cambia dependiendo de la variedad puede ser desde amarillo intenso hasta naranja rojizo. Contiene una pulpa que se divide en gajos y numerosas semillas pequeñas. Tiene un sabor dulce y refrescante, lo caracteriza por su toque ácido (Isis, 2022).

Es fundamental mencionar que el naranjo es vulnerable a las heladas, las cuales pueden perjudicar tanto los frutos como el árbol en sí. Por este motivo, no se recomienda plantarlo a más de 250 metros sobre el nivel del mar en áreas interiores o a más de 400 metros en zonas costeras (Isis, 2022).

La calidad del suelo es igualmente importante, siendo el suelo con arena silíceo y un poco de arcilla y cal el más apropiado. La inclinación del terreno también es significativa, ya que se aconseja que el árbol esté orientado hacia el ecuador, es decir, en dirección opuesta al polo más cercano, para protegerlo de los fríos vientos de esa zona y asegurarse de que reciba más horas de sol. Asimismo, es ideal que el terreno tenga cierta pendiente para prevenir la acumulación de heladas, ya que el aire frío se desplaza hacia abajo. Finalmente, es crucial que el terreno cuente con un buen sistema de riego, evitando que se formen charcos (Isis, 2022).

4.3 Anatomía de la naranja

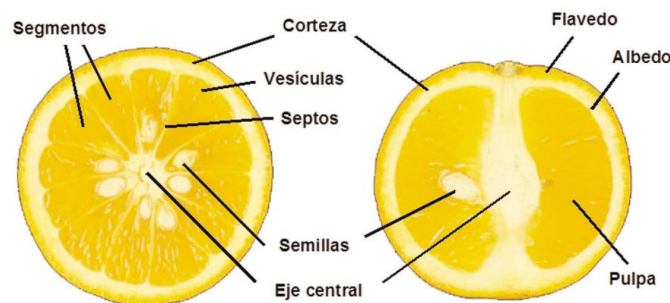


Figura 1. Anatomía De Una Naranja (Ndongusto, 2020)

- Parte exterior (epicarpio, exocarpo o flavedo): Esta es la sección más prominente que cambia de verde a naranja al madurar, lo que indica su estado óptimo para la cosecha. Actúa como una barrera protectora para lo que hay dentro, resguardándolo de los elementos. Muchas veces se quita y se descarta para consumir solo lo interno, aunque la cáscara posee numerosos beneficios para la salud. También contiene glándulas que almacenan aceite, lo que provoca que el cítrico emita su aroma y se puedan extraer perfumes de ella.
- Parte blanca de la naranja (mesocarpio o albedo): Esta es la parte que conecta la cáscara exterior con la pulpa. Su grosor cambia según la variedad de naranja porque realmente forma parte de la cáscara, pero es amarga, por lo que no se aconseja alcanzarla, por ejemplo, al rallar la cáscara para hacer un pastel.

- Parte interior (endocarpio): Esta es la carne de la naranja y puede incluir semillas dependiendo de la variedad, ya que, por ejemplo, la Navelate no tiene. Las secciones (vesículas) son donde se guarda el jugo, y están divididas por membranas (septos) cuyo número varía según la variedad. Esta es la parte que se puede comer del fruto, fuente de vitaminas (Ndongusto, 2020).

4.4 Propiedades nutricionales

La naranja es abundante en vitamina A, B y C; está formada por una pulpa dulce y no contiene membranas amargas (Diseño Web Dagarweb, 2021).

La naranja es una de las frutas más populares y la más consumida en todo el mundo y se utiliza en la alimentación como la medicina tradicional y la industria cosmética (Isis, 2022).

Es una fruta rica en nutrientes y compuestos bioactivos haciéndola tener propiedades beneficiosas para la salud. Destacando su principal componente la vitamina C, por lo que contiene un potente antioxidante, que su función es proteger las células del daño oxidativo. De igual manera fortalecer el sistema inmunológico y favorece a la producción del colágeno. Pero no es el único componente que aporta esta fruta también aporta ácido fólico o vitamina B9 siendo importante en el crecimiento y desarrollo de células y siendo importante durante el embarazo (Isis, 2022).

Además, esta fruta contiene flavonoides como la hesperidina y la naringenina, los cuales tienen características antioxidantes, antiinflamatorias y protectoras de los vasos sanguíneos. También se le ve como una buena fuente de fibra, que beneficia la salud digestiva y contribuye a mantener estables los niveles de colesterol y glucosa en sangre, así como de minerales, tales como potasio, calcio o magnesio, que son esenciales para distintas funciones del cuerpo (Isis, 2022).

Gracias a estas propiedades, la naranja se ha relacionado con varios beneficios para la salud, como el refuerzo del sistema inmunológico, ya que la vitamina C que se encuentra en la naranja previene resfriados y otras enfermedades. Esta vitamina C es igualmente fundamental para la creación de colágeno, una proteína que ayuda a que la piel se mantenga firme y flexible (Isis, 2022).

Además, los flavonoides presentes en la naranja pueden ayudar a disminuir la probabilidad de enfermedades del corazón, al optimizar la circulación de la sangre,

reducir la presión arterial y bajar los niveles de colesterol LDL, conocido como “colesterol malo”. La fibra también contribuye a un tránsito intestinal saludable y evita el estreñimiento. Adicionalmente, proporciona antioxidantes que pueden ayudar a proteger las células del daño causado por la oxidación (Isis, 2022).

La naranja es una fruta que tiene un alto contenido de agua, por lo que no aporta muchas calorías. Además de su famoso contenido de vitamina C, también contiene otros elementos nutritivos como el ácido fólico, el potasio y el magnesio. Una naranja de tamaño mediano o un vaso de jugo proporciona el 100% de la ingesta diaria recomendada de vitamina C, que es de 60 mg para un adulto. También tiene buenas cantidades de betacaroteno, que le da su color distintivo, y de ácido cítrico, que ayuda a que la vitamina C funcione mejor. La cantidad de fibra es significativa y se encuentra principalmente en la parte blanca que está entre la pulpa y la piel, y que a menudo se quita (Maitezudaire, 2006).

Tabla 1. Composición por 100g de porción comestible

Tabla de composición por 100g de porción comestibles	
Energía (Kcal)	36.57
Hidratos de carbono (g)	8.90
Fibra (g)	2.30
Potasio (mg)	200.0
Magnesio (mg)	15.20
Provit. A (mcg)	49.0
Vitamina C (mg)	50.60
Folato (mcg)	38.7
Ca (mg)	41.0

Fuente: (Maitezudaire, 2006)

4.5 Cáscara de naranja

En la actualidad, información reciente de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) clasifica a México entre los diez países que más cítricos producen. En el año 2019, la producción total de cítricos en México fue de 8,414 toneladas, de las cuales 4,737 toneladas correspondieron a naranjas, lo que equivale al 56.3% de la producción total de cítricos en el país. (“Las Cáscaras De Naranja: ¿Desechos De La Agricultura O Riqueza Farmacéutica?,” n.d.)

Yucatán, uno de los estados más importantes de México en la producción de cítricos, se distingue por tener diversas especies y variedades de estos cultivos. Dentro de estas, destacan el limón italiano, limón persa, limón criollo, mandarina, naranja dulce, naranja agria y toronja. La mayor concentración de actividad agrícola se ha dado en los municipios de Peto, Oxkutzcab, Santa Elena, Akil, Dzan, Ticul, Tzucacab, Maní, Sacalum, Tekax y Samahil. Desde 1982 hasta ahora, estos municipios han aumentado las hectáreas de producción de 7,663 ha a casi 20,000 (SIAP, 2022). En el caso de la naranja dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), se ha utilizado alrededor del 77% de la superficie cultivada total, alcanzando una producción de 185,109.11 toneladas en 2022. (“Las Cáscaras De Naranja: ¿Desechos De La Agricultura O Riqueza Farmacéutica?,” n.d.)

Los residuos agrícolas que provienen de los subproductos de las naranjas, particularmente las pieles, frecuentemente son ignorados y rara vez se utilizan, aunque en algunas ocasiones se empleados como alimento para cerdos. No obstante, una investigación realizada en Oxkutzcab, Yucatán, ha revelado el valor de estos desechos en el basurero local. Según el estudio de Vargas-Carrasco en 2014, se ha encontrado que estos residuos pueden ser utilizados para crear composta, aunque su aprovechamiento ha sido minimizado hasta ahora. De hecho, la cantidad total de fertilizante obtenida de estos desperdicios apenas llega a unos 10 sacos de 50 kg cada uno, lo que sugiere que no se está utilizando su máximo potencial. Además, es difícil calcular con exactitud la verdadera cantidad de residuos orgánicos que se generan a partir de estos cultivos. (“Las Cáscaras De Naranja: ¿Desechos De La Agricultura O Riqueza Farmacéutica?,” n.d.)

Las cáscaras de los cítricos, especialmente las de naranja, son un subproducto valioso de la industria de jugos, que a menudo se tiran como basura. Estas sobras pueden servir como una nueva fuente (recurso renovable) para generar energía a través de la incineración, producir biogás mediante fermentación anaeróbica, ser utilizadas en compostaje o como ingrediente en la alimentación animal. Además, también se pueden aprovechar para crear productos de mayor valor, como aceite esencial, compuestos fenólicos, terpenos, azúcares y pectina (Ramírez-Gavidia et al., 2020).

4.6 Residuos agroindustriales

Entre las diversas definiciones que se pueden encontrar para el concepto de “agroindustria”, se establece que se trata de una “actividad que amalgama la producción primaria de productos agrícolas, ganaderos o forestales, el proceso de transformación o

procesamiento, así como la comercialización de dichos productos, considerando también los aspectos de gestión, marketing y financiamiento”. En términos más claros, se define como una actividad económica que fusiona el proceso agrícola de producción con el sector industrial, con el objetivo de producir alimentos o materias primas semielaboradas destinadas al mercado. Asimismo, se considera que esta actividad forma parte del sector industrial dedicado a la producción y/o transformación, almacenamiento y distribución de productos que provienen del campo. Entre los artículos que se someten a procesos industriales se encuentran: frutas, verduras, raíces, semillas, hojas, tubérculos y vainas. Algunos de estos se comercializan en su estado fresco, mientras que otros se convierten en néctares, jugos, mermeladas, ensaladas, harinas, aceites, vinos, concentrados en polvo y conservas, entre otros. A nivel global, se observa una creciente tendencia hacia el aumento de residuos, resultado del incremento en la producción de productos destinados a la venta.

4.6 ¿Qué es la pectina?

Son un grupo de heteropolisacáridos, siendo una mezcla de polímeros ácidos y neutros que contribuye un 30% de la pared celular de las plantas y un 3% del peso de las frutas (Pochteca, 2024).

La pectina es un producto que se encuentra de forma natural en las paredes celulares de todas las plantas superiores. La industria alimentaria, cosmética y farmacéutica la utiliza por sus características gelificantes, espesantes y estabilizadoras (Pectina, 2015).

La pectina se extrae de frutas como naranjas, manzanas y limones. Para obtenerla, se tritura la piel de la fruta y se le aplica calor para desactivar las enzimas. Luego, se utiliza etanol o una sal de aluminio para hacer que precipite. El resultado es un polvo fino, que puede ser de color amarillo claro o marrón, con un sabor dulce y casi sin olor (Pochteca, 2024).

Las pectinas fueron separadas por primera vez en 1825 por el químico y farmacéutico francés Henri Braconnot. No fue hasta 1908 que comenzó la producción a gran escala en Alemania, utilizando los restos de la elaboración de jugo de manzana o la piel de los cítricos (Pochteca, 2024).

Sin embargo, su utilización en la elaboración de mermeladas y confituras ya era conocida muchos siglos antes. De hecho, para crear confituras de alta calidad a partir de frutas con bajo contenido de pectina, se añadían otros tipos de frutas en trozos o sus extractos, que

eran ricos en sustancias pecticas, como los cítricos. En las etapas iniciales de la industrialización, los productores de frutas utilizaban los residuos secos que quedaban de hacer jugos de manzana como materia prima para extraer pectina. Más tarde, entre 1920 y 1930, los principales productores en Europa desarrollaron un nuevo método para extraer pectina de la cáscara de los cítricos, que incluía un proceso de secado previo (Pectina, 2015).

Al principio, la pectina se vendía en forma de extracto líquido, pero pronto se empezó a ofrecer en versión en polvo, que resulta más sencilla de transportar y almacenar (Pectina, 2015).

En años recientes, la producción de pectina se ha trasladado fuera de Europa, a regiones dedicadas al cultivo de cítricos, como México y Brasil (Pectina, 2015).

BENEFICIOS PARA LA SALUD

La pectina forma parte de nuestra alimentación diaria, ya que la encontramos en frutas y hortalizas, aunque no es un elemento esencial para nuestra nutrición. En realidad, la pectina es un tipo de fibra soluble (Pectina, 2015).

La pectina desempeña un papel importante en el cuidado del corazón, ya que ayuda a mejorar los niveles de lípidos, disminuyendo el colesterol malo (LDL) y aumentando el bueno (HDL). Gracias a su capacidad para limpiar el intestino, junto con su aporte de nutrientes beneficiosos para las bacterias buenas (efecto prebiótico), la pectina actúa de forma potente como antiséptico intestinal, siendo muy útil para quienes padecen cólicos o diarreas en niños (Pectina, 2015).

Al consumir fibra, se acelera el tránsito intestinal, evitando que sustancias tóxicas y mutagénicas permanezcan en contacto con la mucosa del sistema digestivo por mucho tiempo, lo que previene que estas sustancias causen cáncer en el colon y recto (Pectina, 2015).

CARACTERÍSTICAS DE LA PECTINA

- Promueve la saciedad: aparte de fibras solubles, la pectina se expande durante el proceso digestivo, por lo que actúa aumentando su volumen y eso da una sensación de saciedad por lo que hace que se utilice en aplicaciones para productos dietéticos (Pochteca, 2024).

- Gelificante y espesante: la pectina es un polvo que se disuelve y forma gel al mezclarse con agua. Esta característica la convierte en una opción perfecta para usos donde se necesita lograr una textura particular, como en las mermeladas o los dulces (Pochteca, 2024).
- Integración: combina la pectina con el azúcar de la formulación en una relación de 1 a 5. Añade la mezcla de pectina y azúcar a la parte líquida gradualmente, con agitación. Alternativamente, se puede disolver primero en un medio sin agua como el aceite, o en una solución de azúcar concentrada a 65 °Brix (Bernal, 2024).
- Activación: la activación de las propiedades gelificantes de las pectinas se logra a temperaturas entre 80 y 85°C. Es preferible calentar lentamente y de manera gradual para permitir que la pectina se hidrate adecuadamente. Se puede extender el tiempo de cocción una vez que se haya alcanzado el punto de ebullición (Bernal, 2024).
- Dispersión: la manera en que la pectina se esparce adecuadamente dependerá del entorno y del método utilizado (Bernal, 2024).
- Estabilidad y conservación: la pectina debe guardarse en un sitio fresco y seco para que sus propiedades no cambien. Temperaturas más altas que la del ambiente causan una descomposición de la pectina por una disminución del peso molecular. El pH ideal de la pectina se encuentra entre 2.8 y 4.7 (Bernal, 2024)
- Textura: La gelificación se logra mientras se enfría. La textura final se alcanza después de 24 horas (Bernal, 2024).

TIPOS DE PECTINA

HM (alto metoxilo): DM mayor o igual a 50% de grupos metoxilos.

LM (bajo metoxilo): DM menor o igual a 50% de grupos metoxilos.

Se describe como grado de metoxilación la proporción entre los grupos metoxilos y los ácidos libres que se encuentran en la estructura molecular de la pectina.

El grado de metoxilación influye en las características de la pectina, especialmente en las condiciones requeridas para la gelatinización (Bernal, 2024).

Pectina de alto metoxilo (HM):

Estas pectinas en agua crean suspensiones muy viscosas, formando geles fuertes y compactos. Este tipo de pectinas resisten el calor (Bernal, 2024).

Condiciones para formar gel: Solo pueden generar gel si el nivel de sólidos solubles totales, si los grados Brix son mayores a 1 60% o más, alcanzando hasta un máximo del 80%. El pH requerido para la gelificación debe estar entre 2 y 3.5 (Bernal, 2024).

Reactividad: Cuanto mayor sea la concentración de los sólidos solubles (SST), más firme será el gel que se obtenga y mayor será la temperatura necesaria para gelificar (Bernal, 2024). Un exceso de sólidos solubles o Brix puede ocasionar que el gel sea más débil.

Un pH más bajo significa una mayor temperatura para gelificar, por lo que el proceso de gelificación será más rápido. Valores de pH por debajo de 2 pueden provocar problemas en la gelificación. La variación del pH es crucial: cambios de 0.1 en el pH pueden bajar hasta 10 °C la temperatura necesaria para gelificar (Bernal, 2024).

Pectina de bajo metoxilo (LM):

La familia de las pectinas de bajo metoxilo se clasifica en LMC (convencionales de bajo metoxilo) y LMA (amidadas de bajo metoxilo). Son tixotrópicas. Después de ser mezcladas en frío, pueden volver a gelificarse. Dependiendo de la cantidad utilizada y la temperatura de hidratación, funcionan como espesantes (Bernal, 2024).

Condiciones de gelificación: para formar un gel, necesitan la presencia de iones de Calcio (Ca^{++}). Pueden gelificar incluso con bajos niveles de sólidos solubles (Brix) y en un amplio rango de pH (Bernal, 2024).

Reactividad: Las pectinas de bajo metoxilo crean geles más resistentes cuando hay más calcio. Sin embargo, un exceso de calcio puede romper el gel (Bernal, 2024).

El azúcar o sólidos solubles presentes disminuyen significativamente la cantidad de calcio necesaria para una gelificación adecuada. Un pH bajo mejora la reactividad de la pectina (Bernal, 2024).

Pectinas de bajo metoxilo convencionales (LMC)

Las pectinas de bajo metoxilo convencionales (LMC) son pectinas que se obtienen de pectinas de alto metoxilo usando métodos fisicoquímicos. Las pectinas LMC producen geles que son claros y que no se pueden deshacer con calor. (Bernal, 2024).

- Pectina de alto metoxilo (HM). Este es el tipo más frecuente, que se señala como de gelificación rápida para hacer mermeladas, golosinas como caramelos, gomitas

o rellenos con pedazos, o bien, de gelificación lenta que se emplea para jaleas claras (Pochteca, 2024).

- Pectina de bajo metoxilo (LM). Esta es la pectina que se indica como ligera, ya que utiliza calcio en lugar de azúcar, por lo que se utiliza en productos sin azúcar (Pochteca, 2024).
- Pectina cítrica modificada (PCM). Es una sustancia que ha sido estructuralmente alterada para alcanzar un peso molecular específico (entre 3 y 13 kilodaltons) para que posea beneficios terapéuticos. Se utiliza en la industria farmacéutica y en la medicina alternativa como suplemento en el tratamiento de enfermedades del corazón (Pochteca, 2024).

Las pectinas que poseen un elevado índice de metoxilo, el cual indica el nivel de esterificación con grupos metílicos, contienen más del 50% de unidades de ácido poligalacturónico que se encuentran esterificadas y, en consecuencia, no interactúan con los iones de calcio. La capacidad de gelificación se ve influenciada, entre otras variables, por el contenido ácido, el tipo de pectina utilizada y la proporción de sólidos solubles, que normalmente supera el 55%. Estas pectinas tienen la capacidad de reaccionar con la caseína y se utilizan para la estabilización de bebidas derivadas de la leche ácida. Este tipo de pectinas se halla en la piel de la naranja valencia (Devia Pineda, 2003).

Las pectinas que presentan un bajo porcentaje de metoxilo son aquellas que cuentan con menos del 50% de unidades esterificadas del ácido poligalacturónico. Por consiguiente, estas pectinas generan geles no solo en presencia de sólidos solubles que contienen iones de calcio, sino también al interactuar con azúcares y diversos ácidos. En esta situación, la capacidad de gelificación también se ve afectada por el pH y la cantidad de iones de calcio presentes, lo que tiene un impacto en la consistencia de la gelatina obtenida (Devia Pineda, 2003).

Las pectinas amídicas con un bajo contenido de metoxilo son aquellas que han sido desmetoxiladas mediante amoníaco en lugar de ácidos. Durante el proceso de desmetoxilación, una fracción de los grupos éster es sustituida por grupos amida, lo que altera las características de gelificación de la pectina. Estas pectinas necesitan cantidades mínimas de iones de calcio para llevar a cabo la gelatinización (Devia Pineda, 2003).

USOS DE PECTINA EN ALIMENTOS

Las pectinas son un tipo diverso de polisacáridos ácidos que provienen de plantas y tienen propiedades para formar geles, estabilizar emulsiones y ofrecer fibra en la alimentación. Por esta razón, son muy útiles en los sectores de alimentos y medicamentos, entre otros. En la alimentación, se ve a la pectina como un componente clave, gracias a su habilidad para crear geles en agua. Su uso es común en la industria alimentaria, donde se emplea como gelificante en jaleas y mermeladas, así como espesante, emulsificante y estabilizante en productos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas. También se usa como sustituto de grasas en golosinas, así como un agente que espesa en bebidas, un estabilizador en helados y postres fríos, y en recubrimientos de salchichas y carnes enlatadas (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

Debido a su reducido nivel de carbohidratos, sus propiedades estabilizadoras y su capacidad para incrementar la viscosidad, este compuesto es de uso frecuente en la fabricación de bebidas dietéticas y refrescos (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

En la elaboración de jugos naturales, se observa que mejora la estabilidad de la turbidez y la viscosidad de los productos elaborados a partir de tomate. En el sector lácteo, la incorporación de pectinado de calcio optimiza la producción y facilita la separación del sólido del líquido acuoso, especialmente después del cortado del cuajo; esto se aplica en la fabricación de queso crema (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

Considerando las características fisicoquímicas de las pectinas y su función como fibra o agente espesante en los alimentos, esta función se ve influenciada por el grado de metoxilación de los grupos ácido-carboxílicos. En un análisis realizado por Chasquibol-Silva y colaboradores en 2008, se determinó que las pectinas extraídas de la pulpa de níspero de sierra y del mesocarpio de granadilla presentaban un grado de metoxilación superior al 50%, lo que llevó a la conclusión de que pueden ser empleadas en la elaboración de mermeladas, jaleas y confituras debido a su alto nivel de metilación (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

En relación con la producción de jaleas, la uva de *Vitis labruca* cv. Concord, según un estudio realizado por Hidalgo en 2022, es una fuente notable de pectinas y es reconocida por su capacidad de producir jaleas. De acuerdo con la investigación de Fredes y colaboradores en 2009, se logró obtener jaleas de excelente calidad a partir de pectinas extraídas de *Vitis labruca* cv. Concord, las cuales presentaban un grado de

metoxilo de 70.48 y un rendimiento de 3.84 con base en peso fresco, concluyendo que estas pectinas son de alta calidad y corresponden a HM (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

Según Páez y su equipo en 2005, tanto el contenido como la calidad de las pectinas en la fruta y la cáscara de la parchita varían según su nivel de madurez. Este estudio reveló que la cáscara contiene un mayor porcentaje de pectina, con destacar que la etapa más temprana de madurez exhibió una calidad superior, lo cual sugirió un procesamiento industrial óptimo, caracterizado por una rápida gelificación y una fuerte consistencia del gel obtenido; así, se concluyó que posee características ideales para su uso en la industria alimentaria (Rubiano Gonzalez et al., 2022).

CAPÍTULO 5: JUSTIFICACIÓN

México es uno de los principales productores de cítricos a nivel mundial, ocupando consistentemente los primeros lugares en la producción de naranja dulce (*Citrus sinensis*). De acuerdo con datos del Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), teniendo un aproximado que en México se produce más de 4.5 millones de toneladas de naranja dulce anualmente los mayores contribuyentes son del estado de Veracruz, Tamaulipas y San Luis Potosí.

Una parte significativa de esta producción es destinada a la industria de jugos y concentrados, generando grandes cantidades de residuos agroindustriales, particularmente cáscaras, bagazo y semillas, que pueden representar entre el 45 % y el 55 % del peso total del fruto (Bocco, 2008).

Se estima que más de 2 millones de toneladas de subproductos cítricos son desechados anualmente en México, la mayoría sin un manejo adecuado, lo que contribuye a problemas ambientales como la generación de lixiviados, proliferación de plagas y emisiones de gases de efecto invernadero (González-Montelongo et al., 2010).

La cáscara de naranja dulce representa un recurso valioso aun no suficientemente aprovechado. Uno de sus principales componentes funcionales es la pectina, un polisacárido estructural presente en la pared celular de las frutas, especialmente abundante en cítricos. La pectina cítrica posee un elevado valor en el ámbito industrial gracias a su habilidad para generar geles, así como espesante, estabilizante, emulsificante y agente de texturización en diversos productos alimentarios como mermeladas, bebidas funcionales, postres y suplementos alimenticios (May, 1990).

La valorización de residuos como la cáscara de naranja no solo contribuye a disminuir el impacto ambiental de los procesos industriales, sino que también genera nuevas oportunidades económicas, fomenta la innovación tecnológica y promueve el desarrollo de ingredientes funcionales de origen natural (FAO, 2019).

En este contexto, la siguiente investigación tiene como objetivo aprovechar la cascara de naranja dulce para la obtención de pectina, mediante un método accesible y ambientalmente responsable.

Esta propuesta es excelentemente acertada, ya que responde a problemáticas ambientales y económicas concretas del país y aporta al cumplimiento de objetivos de desarrollo sostenible relacionados con la reducción de residuos, el uso eficiente de los recursos naturales y la innovación en la industria alimentaria.

CAPITULO 6: OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

- Aprovechar la cascara de naranja dulce (*Citrus sinensis*) para la obtención de pectina, evaluando su viabilidad como aditivo en la industria alimentaria y en reducción del impacto ambiental.

6.2 Objetivo especifico

- Determinar el rendimiento de extracción y calidad de la pectina obtenida, analizando parámetros como grado de metoxilacion, viscosidad y acido anhidro galacturónico.
- Caracterizar la pectina extraída mediante análisis físico-químicos, tales como contenido de humedad, acidez y grado de metoxilacion.
- Analizar la viabilidad del uso de pectina extraída como aditivo alimentario, evaluando su comportamiento funcional en sistemas modelo (mermelada de mango).

CAPITULO 7: METOLOGIA

7.1 Diagrama de flujo

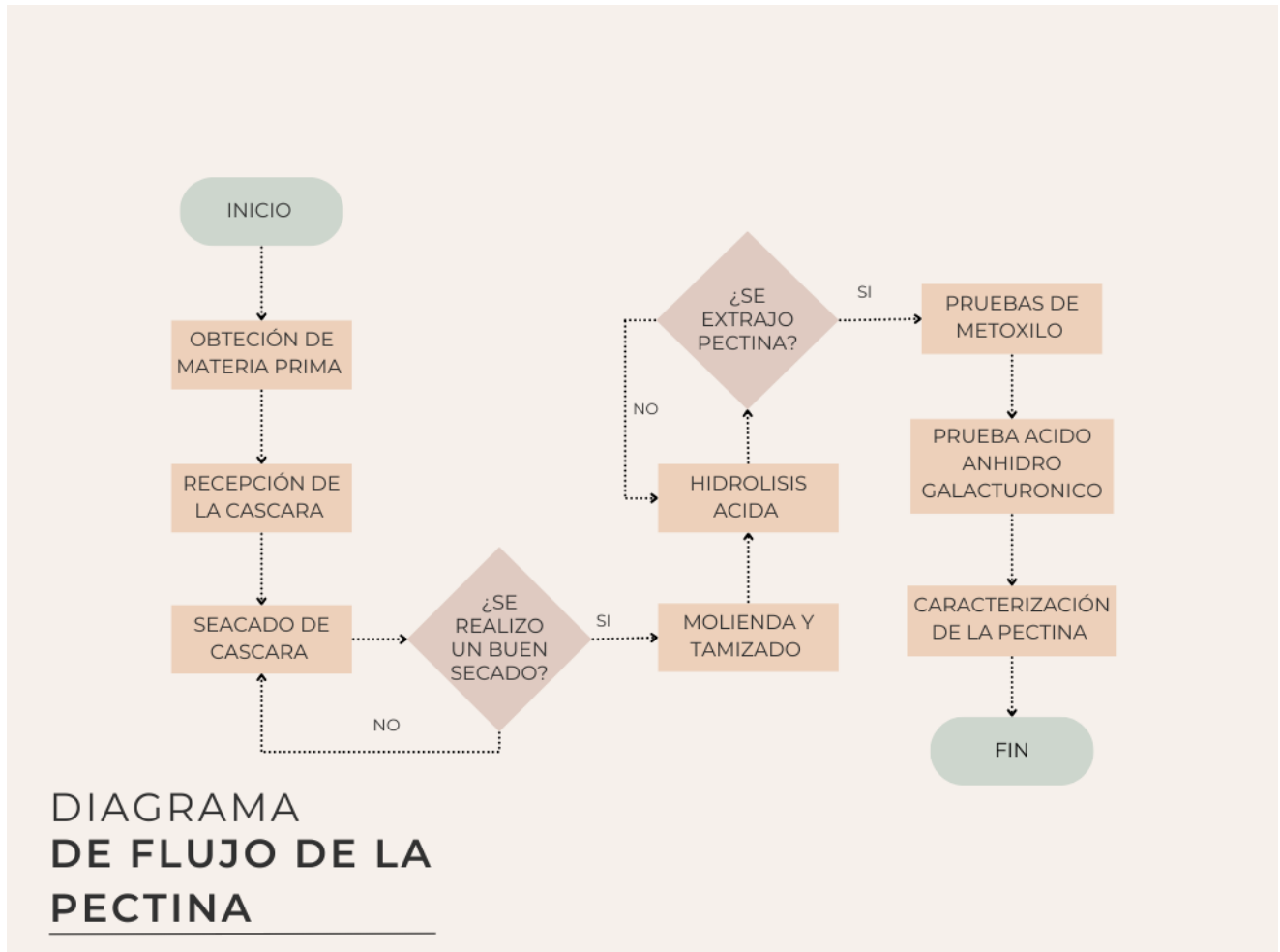


Figura 2. Diagrama De Flujo De La Pectina

7.2 Obtención de la materia prima

La materia prima proviene del proceso de extracción industrial, en el cual la pulpa es separada para la obtención del jugo y la cáscara se genera en grandes volúmenes, que es obtenida como subproducto de una empresa ubicada en el estado de Campeche dedicada a la elaboración y comercialización de jugos naturales mediante el exprimido de frutas frescas.

7.3 Recepción de la cáscara

Las muestras se recibieron en el Itescam, en diciembre del 2024, se conservaron en el congelador hasta su uso.

7.4 Secado de cáscara

Se separó el bagazo de la cáscara, por ende se colocaron las cáscaras en una bandeja de aluminio distribuidas para poder introducir las en el horno de convención para ser secadas con una temperatura de 60° C por 24 horas.

7.5 Molienda y tamizado

Obteniendo las cascaras secas, se pasó a una licuadora para ser molidas, después se pasó al tamiz para retener partículas grandes y obteniendo un polvo fino.

7.6 Método de extracción (HIDRÓLISIS ÁCIDA DE TIPO ABIERTO)

Para la realización de la extracción de pectina se realizó una hidrólisis ácida del tipo abierto por lo que se realizó lo siguiente.

Se pesaron 150g, se agregó 50g a cada vaso precipitado asimismo se le añadió agua destilada hasta tener una mezcla homogénea para poder medirle el pH a cada vaso precipitado, añadiéndole ácido clorhídrico (HCl) con el fin de bajar el pH para tener un pH en 2 o 3. En la siguiente tabla 2 se muestra el pH que tenía cada muestra, a cuanto se bajó y cuanto de ácido clorhídrico se usó para obtener ese pH.

Obtenido el pH a 2, se pasó a una placa de calentamiento con agitación, alcanzando una temperatura de 75 a 85° c y mezclado constantemente para poder llegar a su punto de ebullición con un tiempo de 30 a 40 min. Esperar que se enfrié

Cuando la mezcla se enfrió, se filtró con ayuda de un filtro de tela, para separar el material solido de la solución líquida. Todo el material sólido se pasó a un reloj de vidrio, llevarlo al horno de convención con temperatura de 65° c por 24 horas.

Para estandarizar la pectina se molió de nuevo para tener partículas pequeñas y se tamizó para tener un polvo más fino.

7.7 Pruebas de metoxilo

Para determinar qué tipo de pectina se extrajo, se realizó una prueba de metoxilo también conocida como metoxilación.

En tres vasos precipitados de 250 ml se agregaron 6 g de pectina a cada uno, agregándole 5 ml de ácido clorhídrico al 0.5 N, también se agregó 100 ml de alcohol al 60% a cada matraz, se mezcló durante 10 minutos.

Se realizó una solución de 7.5 ml de ácido clorhídrico completando con 7.5 de alcohol al 60% teniendo así un total de 15 ml.

Con un embudo y papel filtro, se filtró la mezcla que se realizó anteriormente, con la solución de 15ml se lavó el gel, hasta que el gel filtrado esté libre de cloruros. Para finalizar se terminó de lavar con 20 ml de alcohol al 60%, se puso a secar en el horno de convección por una dos a tres horas a 105°C.

Posteriormente, se pesaron 1.6 g para tres matraces Erlenmeyer de 250 ml, a cada matraz se añadió 2 ml de alcohol para humedecer la muestra. Posteriormente se le agregaron 100 ml de agua destilada y se agitó hasta que la pectina este completamente disuelta.

Posteriormente, se preparó una titulación con NaOH 0.5 N. A los tres matraces se le agrega 5 gotas de fenolftaleína, empezar con la titulación con la solución de 0.5 N. Se agregaron 20 ml de NaOH 0.5, se agitó vigorosamente y se dejó reposar por 15 minutos. Después se agregó 20 ml de HCL 0.5 N y se agitó hasta que el color rosa desaparezca. Se agregaron 3 gotas de fenolftaleína y se tituló de nuevo con la solución NaOH 0.5 N hasta un color rosa bajo que persistió después de agitar fuertemente, y se anotó el valor de saponificación. Cada ml de NaOH 0.5 N, consumido es equivalente a 15.52 miligramos de grupos metoxilos ($-\text{OCH}_3$) en muestra seca.

7.8 Ácido Anhidro Galacturónico

Cada ml de solución de NaOH 0.5 N consumido en la valoración total (valoración inicial + valoración de saponificación en los grupos metoxilicos) es equivalente a 97.07 mg de ácido galacturónico ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_7$)

7.9 Caracterización de la pectina crítica

7. 9.1 Capacidad de hinchamiento

Se colocó la pectina en una probeta de 10ml de capacidad de manera de completar 1 ml de volumen de sólido, se registró su peso. Luego se agregaron 5 ml de buffer citrato 20 mM, se colocó en el horno de convección a una temperatura de 25° c por 24 horas estando en reposo. Se observa cuanto creció la pectina.

7. 9. 2 viscosidad

Se preparó un jarabe de sacarosa que se agregó 600g de sacarosa y 500 ml de agua, obteniendo 65° Brix con un pH 2.5. Se puso en una placa de calentamiento para poder

disolver los azúcares, se añadieron 2g de pectina, se agitó constantemente, se enfrió y se dejó reposar por 24 horas para que gelifique. Luego se usó el viscosímetro rotacional Brookfield se determinó la viscosidad con un uso número 6 y 4

7. 9. 3 pH

Para analizar el pH de la pectina se realizó lo siguiente.

En un vaso precipitado se agregaron 5g de pectina y se disolvieron con 50 ml de agua destilada. Se introdujo el embolo del pH-metro en la muestra, se esperó a que se estabilice la lectura por 2 minutos y se anotó el valor del pH mostrado.

7. 9. 4 Sólidos Solubles Totales

Se calibró el refractómetro con agua destilada, se tomó una gota que se colocó en el prisma limpio, se esperó que el refractómetro haga la lectura, y se anotó el resultado en °Brix.

7. 9. 5 Acidez

Se preparó la muestra en tres matraces Erlenmeyer de 250 ml para tener lecturas similares. Se agregaron 3 gotas de fenolftaleína a cada matraz; en la bureta se añadió NaOH 0.5 N. Se va abriendo la llave de la bureta dejando caer NaOH gota a gota mientras se agitó la muestra constantemente, hasta el cambio de color.

7. 9. 6 Colorimetría

Se calibró el colorímetro, se colocó el colorímetro a 15 o 20 cm de altura, y se anotó la lectura.

CAPITULO 8: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción de pectina

De la hidrólisis que se realizó se pesó 150g de harina de cáscara de naranja por lo que cuando se sacó del horno de convección, se obtuvo un rendimiento de 97.624 g de pectina teniendo un pH de 2.34

Tabla 2. pH inicial y final.

	pH inicial	pH Final
Muestra 1	4.09	2.37
Muestra 2	4,05	2.35
Muestra 3	4.09	2.32
Promedio	4.09	2.34

Pruebas de metoxilo

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

$$(Gasto\ 1) \times 15.52\ mg =$$

Se realiza la siguiente fórmula por cada una, luego se obtuvo un promedio.

Tabla 3. Tabla resultados de grupos metoxilos.

Primer gasto	Equivalente de grupo de metoxilos	Total %
3.2	15.52 mg	49.664
2.7	15.52 mg	41.904
2.5	15.52 mg	38.8
Promedio:		43.456%

En la pectina extraída con ácido clorhídrico se obtuvo 43.456 % de metoxilos, esto indica que la pectina cítrica es de bajo metoxilo.

Acido Anhidro Galacturónico

Cada ml de solución de NaOH 0.5 N consumido en la valoración total (valoración inicial + valoración de saponificación en los grupos metoxilicos) es equivalente a 97.07 mg de ácido galacturónico (C₆H₁₀O₇)

Por lo que la formula seria:

$$(Gasto\ 1 + Gasto\ 2) = "X"$$

$$AAG = "X" * 97.07\ mg = "x"$$

Tabla 4. Resultados de Acido Anhidro Galacturonico

	Gasto de la primera titulación	Gasto de la segunda titulación	La suma de los dos gastos	*97.07mg
M1₁	3.2	4.8	8.0	776.56
M1₂	2.7	7.0	9.7	941.579
M1₃	2.5	6.4	8.9	863.923
PROMEDIO:				860.687 mg

El contenido de 0.57 % de ácido anhidro galacturónico en la muestra de pectina indica una adecuada calidad y pureza del polisacárido obtenido, lo que sugiere una extracción eficiente de la pectina.

Capacidad de hinchamiento

Se absorbió agua y aumentó su volumen de 1 ml. Por lo que podemos decir la que pectina tiene una capacidad de retención de agua al igual saber el control de calidad de la pectina.

Viscosidad

Se obtuvo una solución de pectina acida al 6.7%, se obtuvo una lectura de 130 cP (centipoise) utilizando el viscosímetro a una velocidad de 100 rpm con un uso número 4. Este valor corresponde a una viscosidad moderadamente alta, es muy adecuada para las pectinas con capacidad funcional como espesante o formador de geles suaves.

pH

Se realizó la medición del pH de la muestra de pectina ácida disuelta en una solución acuosa por lo que se obtuvieron los siguientes valores, se realizaron tres repeticiones.

M1₁: 2.59

M1₂: 2.57

M1₃: 2.57

$$pH\ promedio = \frac{2.59 + 2.57 + 2.57}{3} = 2.58$$

El promedio del pH fue de 2.58 indica que la solución de la pectina presentó una acidez significativa, como es esperable en una pectina de tipo ácido. Este resultado es coherente con el comportamiento típico en pectinas extraídas bajo condiciones ácidas como el ácido clorhídrico, lo cual confirma su naturaleza ácida y su potencial funcional para ser utilizada en sistemas alimentarios ácidos o procesos de gelificación específicos. Estos resultados son indicativos de una pectina activa, funcional y en buen estado, adecuada para su uso en formulaciones que requieran control de acidez y textura.

Sólidos Solubles Totales

Se realizaron tres mediciones para determinar el contenido de sólidos solubles en una solución de pectina ácida, utilizando un refractómetro. Los valores obtenidos fueron:

M₁: 0.1 °Bx

M₂: 0.5 ° Bx

M₃: 0.5 ° Bx

$$^{\circ}\text{Brix promedio} = \frac{0.1 + 0.5 + 0.5}{3} = 0.37^{\circ} \text{ Brix}$$

El valor promedio de 0.37 ° Brix en la solución de pectina ácida indicó un contenido mínimo de sólidos solubles, compatible con una pectina pura y sin aditivos azucarados.

Acidez

Se determinó la acidez titulable de la muestra de la pectina ácida mediante la titulación ácido-base. Se realizaron tres repeticiones del análisis.

M₁: 0.8%

M₂: 0.7%

M₃: 0.3%

$$\text{Acidez promedio} = \frac{0.8 + 0.7 + 0.7}{3} = 0.73\%$$

El valor promedio de 0.73% de acidez indica que la pectina presenta una concentración adecuada de grupos ácidos libres, lo cual es característico de una pectina ácida de buena calidad. La baja variabilidad entre las mediciones indica una buena reproducibilidad del análisis y homogeneidad en la muestra.

Colorimetría

Se evaluó el color de una muestra de pectina ácida utilizando un colorímetro bajo el sistema de coordenadas CIE-L*a*b*. Los valores obtenidos fueron:

$$L^* = 17.63$$

$$a^* = 0.58$$

$$b^* = 3.71$$

Los valores obtenidos en el análisis de colorimetría indican que la pectina ácida analizada posee un color oscuro con matices amarillos, característico de productos poco procesados.

Se compararon los resultados obtenidos de esta investigación con el artículo científico “Optimization of pectin acid extraction from passion fruit peel (*Passiflora edulis* flavicarpa)” o en español “Optimización de la extracción de ácido pectínico de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis* flavicarpa)”, ambos basados en el método de extracción ácida por hidrólisis abierta.

Por lo que podemos determinar que ambos métodos demuestran la efectividad de la hidrólisis ácida abierta para extraer pectina, aunque el uso de ácido clorhídrico y mayor tiempo de tratamiento en la cáscara de naranja produjo una pectina más pura y con mayor rendimiento, pero de color más oscuro y menor grado de metoxilos. El uso de ácido cítrico en la cáscara de maracuyá permitió conservar mejor las propiedades estructurales y color, aunque con menor recuperación de masa. Por lo que podemos decir que la que mejor extrajo pectina fue la cáscara de naranja dulce por el alto rendimiento, mayor pureza, y presenta propiedades funcionales más favorable. Aunque la del maracuyá fue más clara y con ligera ventaja en grado de metilación, la pectina de naranja dulce fue más eficiente y de mejor calidad técnica para uso industrial.

CAPÍTULO 9: CONCLUSIÓN

Por consiguiente, la investigación demostró que la cáscara de naranja dulce (*Citrus sinensis*) es una materia prima viable para la obtención de pectina crítica logrando un rendimiento de 97.62 g a partir de 150g de muestra inicial mediante el proceso de extracción de hidrólisis ácida y abierta. Los análisis fisicoquímicos que se realizaron confirmaron que la pectina que se extrajo es de bajo metoxilos teniendo 43.45% de grupos metoxilos y un 86.07% de ácido anhidro galacturónico lo cual refleja una alta pureza y calidad de la pectina obtenida.

Las pruebas de viscosidad, acidez, pH y capacidad de hinchamiento evidenciaron que la pectina presenta propiedades funcionales adecuadas para la aplicación en la industria alimentaria, siendo especialmente como un gelificante, espesante y estabilizante en productos como la mermelada, bebidas y postres. De igual manera que aprovechamiento de este subproducto agroindustrial contribuye significativamente a la reducción del impacto ambiental generado por los desechos cítricos que las industrias de jugo generan constantemente, así mismo se genera oportunidades de innovación y valorización económica en el sector alimentario y farmacéuticos.

Por lo que se concluye que la investigación confirma que la cáscara de naranja considerada un desecho habitualmente se puede transformar en un recurso de alto valor agregado. Este trabajo no solo aporta evidencia técnica de la calidad de la pectina, sino que además ofrece un camino para transformar desechos en productos útiles, apoyando prácticas más responsables, innovadoras y sostenibles en la agroindustria.

CAPÍTULO 10: RECOMENDACIONES

Realizar otro análisis para eliminar la acidez de la pectina, ya que cuando se utiliza, queda el sabor de la naranja.

Igual se sugiere realizar estudios adicionales que se evalúen distintas condiciones como el pH, temperatura y tiempo de hidrólisis para incrementar el rendimiento de la pectina y reducir la variabilidad en los resultados.

CAPÍTULO 11: REFERENCIAS

- Bernal, G. (2024, octubre). *¿Qué son las pectinas?* Sosa. <https://www.sosa.cat/que-son-las-pectinas/>
- Devia Pineda, J. E. (2003). *Proceso para producir pectinas cítricas*. Revista Universidad EAFIT, (129).
- Diseño Web Dagarweb. (2021). *Aceite esencial de naranja Citrus sinensis*. Esencias Lozano. <https://www.esenciaslozano.com/producto/18/esencia-de-naranja-aceite-esencial-de-naranja-citrus-sinensis>
- Gonzalez, V., Numpaque, M., & Dias, N. (2022). *Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria*. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(5), 5294–5309. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i5.3498
- Isis. (2022, agosto 30). *Naranja dulce, Citrus sinensis*. Equisalud. <https://www.equisalud.com/producto/naranja-dulce-citrus-sinensis/>
- Koppert México. (2025). *Naranja dulce*. Koppert.mx. <https://www.koppert.mx/cultivos/frutas/naranja/>
- Las cáscaras de naranja: ¿Desechos de la agricultura o riqueza farmacéutica? (n.d.). Desde el Herbario CICY, 160–164. http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
- Maitezudaire. (2006, noviembre 9). *La naranja*. EROSKI Consumer. <https://www.consumer.es/alimentacion/la-naranja.html>
- May, C. D. (1990). Industrial pectins: Sources, production and applications. *Carbohydrate Polymers*, 12(1), 79–99. [https://doi.org/10.1016/0144-8617\(90\)90105-2](https://doi.org/10.1016/0144-8617(90)90105-2)
- Ndongusto. (2020, agosto 19). *Anatomía de una naranja: las partes principales de este cítrico*. NaranjasDonGusto.com. <https://naranjasdongusto.com/anatomia-de-una-naranja-las-partes-principales-de-este-citrico/>
- Ramírez-Gavidia, T. C., González-Colmenares, N. M., & Guerrero-Pernía, E. K. (2020). Pectina de residuos de naranja aplicando el principio de las 3R.

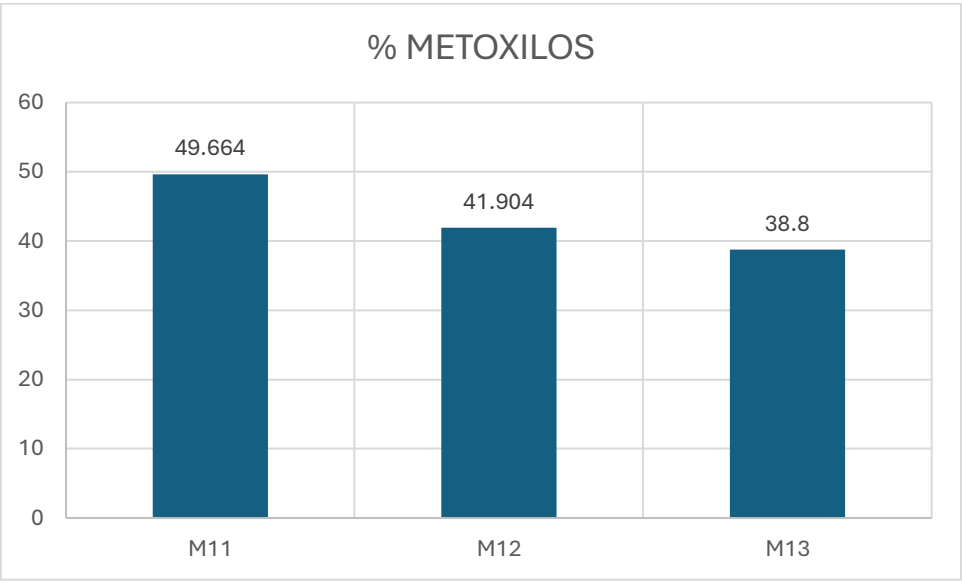
Aibi Revista de Investigación Administración e Ingeniería, 8(2), 84–91.

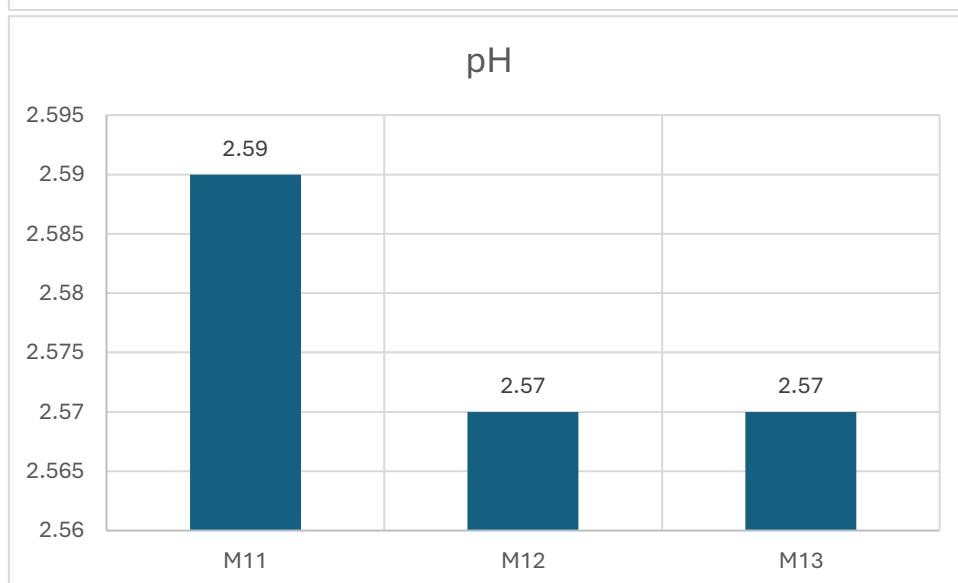
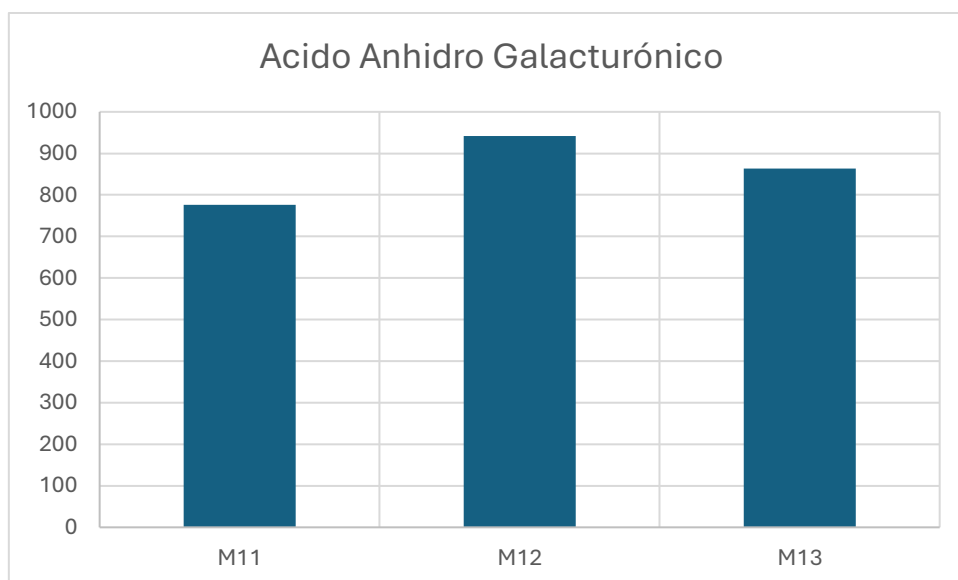
<https://doi.org/10.15649/2346030x.819>

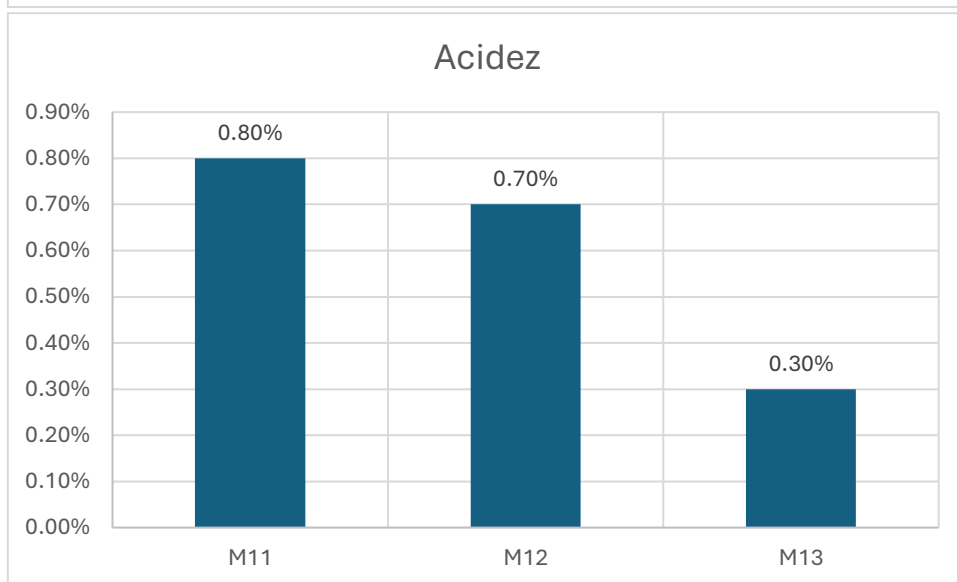
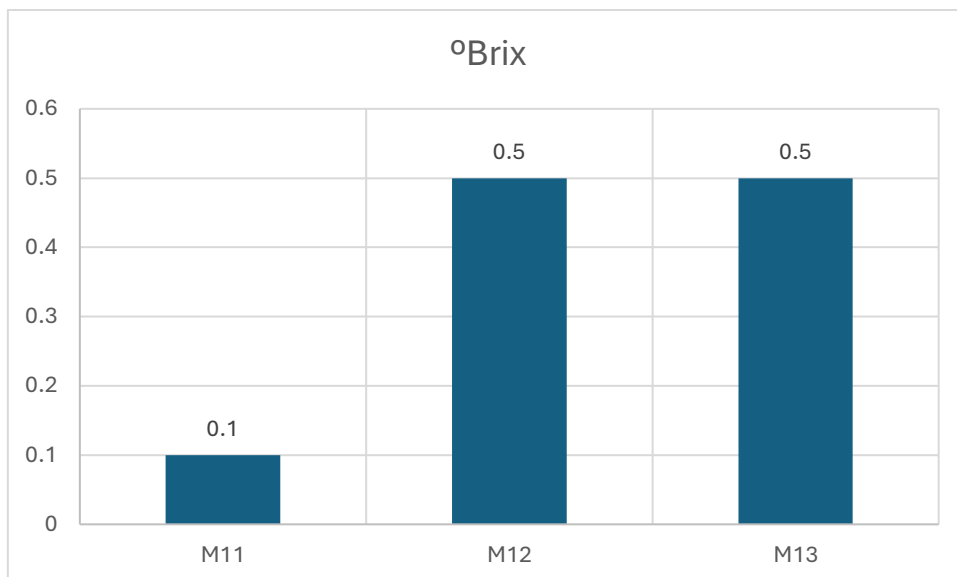
- Weiss, E. A. (1997). *Essential oil crops* (pp. 417–511). Cab International.

CAPITULO 12: ANEXOS

Anexo 1: Gráficas







Anexo 2: Pectina



Anexo 3: Mermelada de mango

