



**UNIVERSIDAD INTERSERRANA DEL ESTADO DE PUEBLA
CHILCHOTLA**

ORGANISMO PÚBLICO DESCENTRALIZADO

INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LIMÓN PERSA (*Citrus × latifolia*)”.

Tesis profesional

Que para obtener el título de:

Ingeniero Agroindustrial

Presenta:

Daniela Berenice Acosta Maroto

Albina Muñoz Martínez

Director de tesis:

María Liliana Hernández Pérez

Generación:

2018 - 2023

Rafael J. García Chilchotla, Puebla, Mayo 2024

Rafael J. García Chilchotla, 14 de mayo del 2024.

Asunto: autorización de impresión y empastado de trabajo profesional.

Ing. Marcelina Ortiz Medel
Jefa De Departamento de Ingeniería en
Desarrollo Sustentable con Orientación en
Eco-biología e Ingeniería Agroindustrial

Sirva este medio para saludarle y al mismo tiempo informar que resultado de las revisiones y correcciones correspondientes por los asesores de tesis, **NO TENEMOS NINGUN INCONVENIENTE** para que este trabajo titulado “Aprovechamiento agroindustrial de Limón Persa (*Citrus x latifolia*)”, presentado por la C. Daniela Berenice Acosta Maroto con número de matrícula 201891013 y la C. Albina Muños Martínez con numero de matrícula 201891014; pasante de la licenciatura en Ingeniería Agroindustrial, pueda ser impreso y empastado en 4 ejemplares, anexado el mismo en un disco compacto (rotulados).

Sin otro particular y en espera que esta información sea de utilidad para usted, quedo a sus órdenes.

ATENTAMENTE

Titulo/Nombre	Cargo	Firma de conformidad
Dra. Ma. Liliana Hernández Pérez	Presidente	
Ing. Laura Rodríguez Colula	Secretaria	
Mtro. Alberto Hernández Ortiz	Vocal	

El presente trabajo de tesis titulado “Aprovechamiento agroindustrial de Limón Persa (*Citrus x latifolia*)” fue realizado de acuerdo con el plan de estudios de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Chilchotla por la C. Daniela Berenice Acosta Maroto y la C. Albina Muñoz Martínez, bajo la dirección del jurado Examinador, indicado siendo aprobado por el mismo y aceptado como requisito parcial para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE

Dra. Ma. Liliana Hernández Pérez

SECRETARIO

Ing. Laura Rodríguez Colula

VOCAL

Mtro. Alberto Hernández Ortiz

Rafael J. García Chilchotla Puebla, Mayo 2024

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Gracias a Dios por guiarme, darme la fuerza y fortaleza en cada paso dado a lo largo de estos cinco años, por permitirme llegar a esta Universidad y darme la experiencia de convertirme en una profesional.

A la Dra. María Liliana Hernández Pérez quien con sus enseñanzas rigurosas y precisas, es el resultado de mis conocimientos. Donde quiera que vaya, la llevaré conmigo en mí transitar profesional. A su paciencia, a este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil.

Gracias a los profesores de la carrera que fueron parte de mi formación, por enseñarme todo lo que estaban en sus manos.

Gracias a mis padres J. Daniel U. Acosta Estévez y Eva Maroto Santamaría, por ser mi pilar que me impulso a seguir mis sueños y nunca dejar rendirme. Siempre estuvieron a mi lado en mis momentos difíciles.

Gracias a mi hermana Eva Lizbeth Acosta Maroto, por darme la fuerza de enfrentar cada obstáculo o situación y nunca dejarme sola en el trayecto de terminar esta carrera.

Gracias a Adrian Flores Colorado, quien me mostro que el apoyo de quien se ama es incondicional a pesar de las malas rachas que da la vida.

Gracias a mi compañera de esta tesis Albina Muñoz Martínez, quien se encargó de regresarme la confianza en una amistad, quien me alegro en mis días más solitarios y sobre todo que me apoyo en mis momentos más vulnerables.

Por último, gracias a aquellas personas que me rodearon a lo largo de mi carrera universitaria, para bien o mal, fueron la construcción de mi persona.

Daniela Berenice Acosta Maroto.

AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Gracias a Dios por brindarme la oportunidad de vivir esta hermosa experiencia y concluir mis estudios en la Universidad y poder convertirme en Ingeniera.

A la Dra. María Lilibiana Hernández Pérez sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que la caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

Gracias a cada uno de los profesores de la carrera que formaron parte de esta gran aventura y sobre todo por cada aprendizaje que me brindaron en mi formación.

Gracias a mi madre Teófila Muñoz Martínez por ser mi más grande apoyo por cada palabra de aliento, cada regaño y sobre todo por la confianza que me brindó para lograr mis metas.

Gracias a mi hermano Honorio López Muñoz por ser mi pilar e impulsarme a pesar de todo gracias por el apoyo económico que me brindó en este trayecto y por siempre creer en mí.

Gracias a mi hermana Delfina Martínez Muñoz por cada palabra de aliento, motivarme a seguir adelante y darme la fuerza para enfrentar cualquier obstáculo y siempre creer en mí.

Gracias a mi compañera de esta tesis Daniela Berenice Acosta Maroto, quien fue otro pilar importante que confió en mí y siempre ha estado conmigo en las buenas y malas gracias por cada regaño y cada aprendizaje fue mi mejor maestra.

Albina Muñoz Martínez.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
JUSTIFICACIÓN	6
OBJETIVOS	8
General:	8
Específico:	8
Capítulo 1. MARCO TEÓRICO	9
Origen.	9
Clasificación Botánica.	9
Taxonomía de Limón Persa.	9
Descripción Botánica.	10
Estructura del fruto.	13
Antecedentes de estudios agroindustriales del Limón Persa.	14
Alternativas de aprovechamiento en productos a base de residuos de limón.	15
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL.	16
Economía Circular.	16
Principios del modelo circular.	16
Beneficios de la Economía Circular en base a los residuos del limón.	16

Que son los residuos.....	17
Residuos del Limón Persa.	17
Características y propiedades de los residuos de limón Persa.....	18
Regulaciones fitosanitarias.	18
Los cítricos como una problemática ambiental.	20
Alternativas de aprovechamiento agroindustrial en el mejoramiento de la calidad del ambiente.....	21
A) Extracción de esencia de limón	21
Localización de esencias en el fruto:.....	21
Usos de las esencias:.....	22
Métodos de extracción de Hidrolato:	22
B) Extracción de pectina	25
Características de la pectina:	26
Aplicaciones de la pectina en la industria alimentaria:.....	27
C) Licor de limón (Limoncello).....	28
Características del licor de limón:	28
Composición química:	28
D) Limón deshidratado:.....	29
Usos del limón deshidratado:.....	29
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	31
3.1 Ubicación de estudio	31
3.2 Ubicación de la materia prima	32

3.3 Materiales	32
3.4 Metodología.....	33
3.4.1 Extracción de hidrolato de limón	33
3.4.2 Extracción de pectina.....	34
3.4.3 Licor de limón (Limoncello).....	36
3.4.4 Limón deshidratado.....	37
Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1 Extracción de hidrolato de limón.....	39
4.2 Extracción de pectina.....	41
4.3 Licor de Limón (Limoncello)	42
4.4 Limón deshidratado.....	44
4.5 Evaluación de costos de extracción de pectina.....	45
4.6 Comparación de precio en venta de la pectina	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49
ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ÁRBOL ADULTO DE LIMÓN PERSA (IMAGEN PROPIA).	11
FIGURA 2. HOJA DEL LIMÓN PERSA (IMAGEN PROPIA).	11
FIGURA 3. INFLORESCENCIA DEL LIMÓN PERSA (IMAGEN PROPIA).	12
FIGURA 4. FRUTO DE LIMÓN PERSA (IMAGEN PROPIA).	12
FIGURA 5. ESTRUCTURA DEL FRUTO (IMAGEN PROPIA).	14
FIGURA 6. EQUIPO DE HIDRODESTILACIÓN.	22
FIGURA 7. PRENSA HIDRÁULICA UTILIZADA PARA EXTRACCIÓN DE HIDROLATOS MANUALMENTE.	23
FIGURA 8. EQUIPO PARA EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES.	24
FIGURA 9. EXTRACCIÓN DE ACEITE POR ENFLORADO.	24
FIGURA 10. EXTRACCIÓN DE ESENCIAS CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.	25
FIGURA 11. ESTRUCTURA QUÍMICA DE LA PECTINA.	26
FIGURA 12. CLASIFICACIÓN DE PECTINAS, SEGÚN VORAGEN, 2003.	27
FIGURA 13. LICOR DE LIMÓN.	28
FIGURA 14. LIMÓN DESHIDRATADO.	29
FIGURA 15. UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD INTERSERRANA DEL ESTADO DE PUEBLA CHILCHOTLA.	31
FIGURA 16. UBICACIÓN DE MATERIA PRIMA EN COSAUTLÁN DE CARVAJAL, VERACRUZ.	32
FIGURA A-17. CORTE Y SELECCIÓN DE LIMÓN PERSA.	55
FIGURA A-18. SELECCIÓN DE LIMÓN PERSA.	55
FIGURA A-19. CORTE DE LIMÓN PERSA.	55
FIGURA A-20. PESADO DE CÁSCARA.	55
FIGURA A-21. DESTILACIÓN A ARRASTRE DE VAPOR.	55
FIGURA A-22. RECOLECCIÓN DE HIDROLATO.	55
FIGURA A-23. PREPARACIÓN DE HCL, 5N.	56
FIGURA A-24. PESADO DE ALBEDO.	56
FIGURA A-25. EXTRACCIÓN DE PECTINA EN MEDIO ÁCIDO.	56
FIGURA A-26. INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA.	56
FIGURA A-27. FILTRADO DE PECTINA.	56
FIGURA A-28. PRECIPITADO DE PECTINA.	56
FIGURA A-29. SECADO DE PECTINA.	57
FIGURA A-30. PESADO Y ALMACENAMIENTO DE PECTINA.	57
FIGURA A-31. PESADO DE CÁSCARA DE LIMÓN PERSA.	57
FIGURA A-32. MACERACIÓN DE LICOR.	57
FIGURA A-33. PREPARACIÓN DE ALMÍBAR.	57
FIGURA A-34. PREPARACIÓN DE LICOR.	57
FIGURA A-35. ALMACENAMIENTO.	58
FIGURA A-36. PESADO DE LIMÓN EN RODAJAS.	58
FIGURA A-37. SECADO DE LIMÓN PERSA.	58
FIGURA A-38. TRITURACIÓN DE LIMÓN DESHIDRATADO.	58

FIGURA A- 39. ENCUESTA DE LICOR "LIMONCELLO"	58
---	----

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. TAXONOMÍA DEL LIMÓN PERSA.	10
CUADRO 2. CALIDAD DEL LIMÓN PERSA.	20
CUADRO 3. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE HIDROLATO.	39
CUADRO 4. RESULTADOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA.	41
CUADRO 5. RESULTADOS DE LIMÓN DESHIDRATADO.	44
CUADRO 6. PRESUPUESTO DE INSUMOS.	45
CUADRO 7. PRESUPUESTO DE INSTRUMENTOS Y EQUIPO.	46

ÍNDICE DE GRAFICAS

GRAFICA 1. EVALUACIÓN DE PREFERENCIA DEL LICOR "LIMONCELLO"	42
--	----

RESUMEN

En el año 2016 - 2017 se registró una producción a nivel mundial de 7 millones de toneladas de Limón Persa, México aportó un 33.8 % de la producción total, siendo los principales productores Veracruz, Oaxaca y Jalisco. En Veracruz, el municipio de Cosautlán de Carvajal en el año 2020, se sembraron 68 hectáreas de limón con una producción de 417 toneladas. Sin embargo el 40 % de la producción no cumple con la normatividad de calidad, siendo este desechado a campo abierto, sin tomar en cuenta el impacto ambiental como la degradación, cambios de pH, muertes de microorganismos y emisión de gases nocivos. El objetivo de esta investigación es realizar un aprovechamiento integral del limón mediante técnicas agroindustriales para diversificar su comercialización. Se elaboraron diversos productos aplicando diversas técnicas como: destilación con arrastre de vapor, extracción de pectina por medio de hidrólisis ácida, elaboración de licor y deshidratación en horno de secado. Se realizó la extracción de esencia con la parte de la cáscara (flabelo), con la parte de albedo se utilizó para la extracción de pectina, en la elaboración de condimentos y licor se utilizó la pulpa. En conclusión se puede hacer un aprovechamiento integral del limón utilizando todos sus componentes, utilizando técnicas económicas y que no requieren aparatos de alto costo, se puede realizar capacitación a la comunidad para aprovechar el limón de manera de integral disminuyendo su impacto ambiental.

Palabras claves:

Limón, pectina, extracción, agroindustrial, secado, aprovechamiento.

ABSTRACT

In the year 2016 - 2017, a worldwide production of 7 million tons of Persian Lemon was recorded, Mexico contributed 33.8% of the total production, with the main producers being Veracruz, Oaxaca and Jalisco. In Veracruz, the municipality of Cosautlán de Carvajal, in 2020, 68 hectares of lemon were planted with a production of 417 tons. However, 40% of the production does not comply with quality regulations, being discarded in the open field, without taking into account the environmental impact such as degradation, pH changes, deaths of microorganisms and emission of harmful gases. The objective of this research is to carry out a comprehensive use of lemon through agroindustrial techniques to diversify its commercialization. Various products were produced by applying various techniques such as: steam distillation, pectin extraction through acid hydrolysis, liquor production and dehydration in a drying oven. The essence extraction was carried out with the shell part (flabellum), with the albedo part it was used for the extraction of pectin, the pulp was used in the production of condiments and liquor. In conclusion, a comprehensive use of the lemon can be made using all its components, using economical techniques that do not require high-cost devices, training can be provided to the community to take full advantage of the lemon, reducing its environmental impact.

Keywords:

Lemon, pectin, extraction, agroindustrial, drying, use.

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de Limón Persa en 2020 superó los 21 millones de toneladas, siendo los principales países India, México y China. México ocupa el segundo lugar en la producción de Limón con 2.5 millones de toneladas siendo sus principales productores Veracruz (437 mil 644 toneladas), Michoacán (333 mil 298 toneladas), Oaxaca (173 mil 225 toneladas) y Colima (169 mil 833 toneladas), cubriendo el 75.1 % de la producción nacional (Franklin, 2022).

En el estado de Veracruz, Martínez de la Torre es uno de los municipios con mayor producción. Según SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) en 2020, Cosautlán de Carvajal se registró 68 hectáreas con una producción de 417 toneladas (Curti Diaz, 2000).

El Limón Persa es un fruto oblongo a ovoide, con una punta terminal ancha no muy pronunciada, de 3.8 a 6.6 cm. de largo e incluso mayor, de color amarillo brillante al madurar, con ligeras rugosidades, con 8 o 10 segmentos, ácido, preferido por su buena calidad para exportar como fruta fresca (Pereira, 2005).

El Limón Persa es conocido con diversos nombres: lima persa, lima de Tahití, Limón criollo, Limón pérsico, Limón sin semilla o lima Bearss.

La anatomía del Limón se compone de 3 partes importantes:

Flavedo: Presenta numerosas glándulas de aceites esenciales que caracterizan su aroma.

Albedo: Es la capa interior blanca y esponjosa del fruto, es la fuente más importante de pectinas y glúcidos.

Endocarpio: representa entre el 65% y 70% del peso del Limón (Citrofrut. com, 2020).

De acuerdo con los datos obtenidos por el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ), no existen muchos estudios donde se aprovechen los residuos del limón. La mayor parte de la producción es trasladada a terrenos donde se descomponen de manera natural, ocasionando

contaminación del suelo y desprendiendo olores desagradables, entre otros (Cítricos. Com, 2017).

En Cosautlán de Carvajal existe la problemática de al menos el 40% de su producción total no cumple con las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir el Limón Persa para su exportación, que están definidas dentro de la Norma NMX-FF-077-1996-SCFI (Secretaria de Gobernacion, 1996) por lo tanto ni siquiera es recolectado.

De acuerdo a la norma anteriormente mencionada el Limón Persa, se clasifica en 3 grados de calidad:

1. Extra. Deberán tener una calidad superior dependiendo de la variedad, no deberá presentar defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando el aspecto general del producto no se vea afectado, su calidad y su estado de conservación.

2. Primera. Deberán ser de buena calidad (calidad superior) cumpliendo ciertas características de acuerdo con la variedad, podrá presentar algunos defectos leves siempre y cuando dichos defectos no afecten al aspecto general del producto, su calidad y su conservación:

- Defectos leves en la forma.
- Defectos de coloración.
- Defectos de superficiales (cascara) que no excedan de 1 cm²

3. Tercera. Los defectos no deben afectar el aspecto del producto, su calidad y su conservación.

Se puede aceptar aquellos daños en la cáscara debidos a las quemaduras de sol, rozaduras cicatrizadas y aquellos provocados por plagas también cicatrizados, que cubran un área no mayor a 2cm², sin que afecten el interior del fruto.

El Limón Persa que se cosecha en el municipio de Cosautlán de Carvajal, se considera del segundo grado de calidad, ya que normalmente tiene quemaduras de sol provocadas por el cambio de clima, rozaduras y golpes alrededor del fruto.

El impacto negativo que provoca el Limón Persa, es desechado al campo abierto, sin tomar en cuenta el impacto ambiental como la degradación, cambios de pH, muertes de microorganismos y emisión de gases nocivos.

JUSTIFICACIÓN

La producción del Limón Persa que no cumple con los parámetros de calidad no es aprovechada ocasionando problemas y/o cambios en el suelo provocando la muerte de microorganismo encargados de realizar la degradación de la materia orgánica, al igual provocando la proliferación de moscas, además de que la putrefacción de éstos causa mohos que producen micotoxinas, pues al secarse las cáscaras contienen aflatoxinas un compuesto que en altas dosis causa enfermedades respiratorias, así como a largo plazo cáncer. Al igual que las cáscaras no pueden ser utilizados en una composta ya que para ello se necesitan de ciertos requerimientos, como tener un pH neutro y provoca un desbalance de acidez y mal olor (Citricos.com).

En la localidad de Cosautlán de Carvajal se tiene como dato estadístico (Huerta, 2022.) Se cosecha alrededor de 60 hectáreas de limón el cual es vendido como materia prima, considerando parámetros de calidad los cuales son: tamaño adecuado, color, que no vayan quemados por el sol y que sean los más recios posibles, mientras que algunos no cumplen los criterios y se dejan en el huerto a la pudrición sin darle una transformación.

El peso de un Limón Persa es de 80 a 100 g, el jugo en los cítricos oscila entre 65 % y 70 % de su peso, y depende de factores, tales como la variedad y el clima donde son cultivados (El Otmani, 2011), el aprovechamiento de cáscaras nos brinda una oportunidad de realizar aceite esencial de limón utilizándolo como aromatizante y perfumería.

Anualmente se producen aproximadamente 3.600 toneladas de aceite esencial de limón. En el mundo, el aceite esencial de limón ocupa el segundo lugar luego de la naranja dulce (Cerruti & Neumayer, 2004).

El grosor de la cáscara es uno de los atributos importantes, dado que se prefieren aquellos frutos con baja proporción y que sean fáciles de quitar. No se tiene reportado un valor específico del grosor de cáscara, pero en Morelos se obtuvieron valores entre 4.9 y 6.6. mm, lo que indica que hay variación en este aspecto morfológico (Beltrán, 2009).

Se considera que hay estudios y técnicas que pueden ser utilizados para lograr un aprovechamiento integral del limón Persa, dando un valor agregado para cada producto realizado, de tal manera que se pueda dar seguimiento de elaboración o incluso buscar alternativas de aprovechamiento.

OBJETIVOS

General:

Aplicar procesos agroindustriales como destilación por arrastre de vapor, extracción por medio ácido y secado por medios físicos en Limón Persa (*Citrus x latifolia*) para extracción de pectina, esencia, licor y condimentos.

Específico:

Obtener pectina, licor e hidrolato elaborados de Limón Persa, utilizando la cáscara de limón, por medio de extracción en medio ácido, maceración y destilación por arrastre de vapor.

Obtener condimentos deshidratados elaborados de Limón Persa utilizando jugo de limón por medios físicos.

Evaluar la factibilidad económica y comercialización de alguno de los productos utilizando evaluación de costos para comparar con precios del mercado.

Capítulo 1. MARCO TEÓRICO

Origen.

De acuerdo con Pereyra, 2005 los aportes de la historia, el cultivo de los cítricos lo cual incluye al Limón persa, data de 300 a.C. y su centro de origen fue el este asiático, donde se localiza Sumatra, Buena, Archipiélago, Indomalayo, Norte de Australia, Birmania, Noroeste de la India, Bangladesh y el Sur de las Cordilleras del Himalaya. De estas regiones se extendió al Oeste Asiático hasta llegar a Europa, para después ser introducido al continente americano, llegando a México por el puerto de Veracruz para después extenderse en todo el territorio mexicano.

De las primeras huertas que se establecieron, fueron en la región de Martínez de la Torre, Veracruz, posteriormente se empezó a cultivar en otras regiones y Estados como: Veracruz, Tabasco, Puebla, Oaxaca, Yucatán, San Luís Potosí, Campeche y Colima, Chiapas y estados del Norte del país (Pérez, 2019).

Clasificación Botánica.

La siguiente información taxonómica proviene del banco de datos de plantas del Jardín Botánico de Missouri, EE. UU. (Missouri Botanical Garden, 2020).

Taxonomía de Limón Persa.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida

subclase:	Rosidae
Orden:	Sapindales
Familia:	Rutaceae
Subfamilia:	Citroideae
Tribu:	Citreae
Género:	Citrus
Especie:	<i>Latifolia</i>

Cuadro 1. Taxonomía del Limón Persa.

Descripción Botánica.

El Limón Persa tiene la descripción de tener las siguientes características:

Árbol: Es pequeño con muchas ramas o un arbusto arborescente; alcanza una altura de 6 a 7 metros y un diámetro de 5 a 6 metros. Su tronco es corto y sus ramas crecen en varias direcciones por lo que es necesario realizar poda de formación de manera sistemática. Posee brotes con espinas cortas y muy agudas.



Figura 1. Árbol adulto de Limón persa (imagen propia).

Hojas: Son oblongas-ovales o elípticas-ovales, de 2.5 a 9 centímetros de largo, 1.5 – 5.5 centímetros de ancho, con la base redondeada, obtusa, el ápice ligeramente recortado, los márgenes un tanto crenuladas y una característica fragancia a limón cuando se les tritura; los pecíolos son alados en forma notoria, pero angostos y espatulados (Cañizares, Sanabria & Rojas, 2005).



Figura 2. Hoja del Limón persa (imagen propia).

Inflorescencia: Las flores fragantes son portadas en inflorescencias axilares de 1 a 7 flores. Cuando están plenamente expandidas, las flores son de 1.5 a 2.5 centímetros de diámetro con lóbulos del cáliz y pétalos de color blanco amarillento, estos últimos teñidos de morado a lo largo de sus márgenes. Las yemas son blancas en el interior y pequeñas.



Figura 3. Inflorescencia del Limón persa (imagen propia).

El fruto: Tiene forma oval o de globo, con un ápice ligeramente deprimido, coronados por una cicatriz estilar corta en forma de pezón, tersa y con numerosas glándulas hundidas, de tamaño mediano, con un diámetro ecuatorial que oscila entre 50 y 70 milímetros; la pulpa es verde - amarilla y con ausencia de semillas, es jugosa, ácida y fragante. La cáscara presenta una coloración verde, desde tonalidades intensas hasta claras, es delgada, se rompe fácilmente y tiene sabor amargo. El peso promedio del fruto es de 76 gramos.



Figura 4. Fruto de Limón persa (imagen propia).

Estructura del fruto.

El limón se divide en tres zonas, la más externa es el exocarpo o flavedo que está formado por una epidermis y que presenta pequeñas vesículas que contienen aceites esenciales, usados en colonias, aromatizantes, etc.

La siguiente capa es el mesocarpo o albedo de aspecto esponjoso y de color blanco. Por último, se encuentra el endocarpo o pulpa que es donde se encuentran los sacos de zumo y las semillas.

Flavedo (corteza)

Su color varía de verde a amarillo chillón según la madurez. Contiene numerosas glándulas de aceites esenciales que caracterizan su aroma. Estas glándulas constituyen una eficaz barrera contra los ataques de los insectos y los microorganismos.

Albedo

Es la capa interior blanca y esponjosa del fruto, y la fuente más importante de pectinas y glúcidos. Su espesor varía según la variedad y la madurez del fruto.

Endocarpo (pulpa)

Es la parte comestible y supone entre el 65% y 70% del peso del limón. Es de color amarillo pálido. Generalmente está dividida en gajos que esconden células alargadas en las que acumulan agua, glúcidos y ácido cítrico. Es lo que se conoce como las bolsas del zumo. Cada gajo contiene cientos de bolsitas y esporádicamente puede haber alguna semilla (Unión Europea, 2019).



Figura 5. Estructura del fruto (imagen propia).

Antecedentes de estudios agroindustriales del Limón Persa.

Según Ramírez (2012), resalta que el aprovechamiento agroindustrial de residuos es una alternativa que impulsa el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales. Por consiguiente, el aprovechamiento de residuos agroindustriales se plantea como una estrategia base para su manejo, con diversidad de alternativas gracias a la composición tan variada que presentan esos residuos o subproductos.

Donde existen tres grupos de tecnologías para la recuperación de residuos agroindustriales:

1: La valorización biológica y química, permite obtener gases, líquidos o sólidos comercializables —como pectinas, enzimas, aceites esenciales, fibra dietaria (alimento para animales y humanos), hongos comestibles, flavonoides y carotenoides— a partir de residuos orgánicos.

2: La obtención de combustibles (derivados de desechos) permite obtener biogás (utilizado para diversos fines). Buscando la reducción del volumen de los residuos y la recuperación de energía a partir de los gases, líquidos y sólidos generados, utilizando procesos como la incineración y la pirolisis (Yepes, Naranjo, & Sanchez, 2008).

3: La valorización térmica. Se trata de un proceso térmico consistente en la transformación de la materia orgánica en otros compuestos más fáciles de tratar, el cual se lleva a cabo a elevada temperatura (entre 500 y 900 °C) y en ausencia de aire Condorchem (Envitech, 2020).

Alternativas de aprovechamiento en productos a base de residuos de limón.

El aprovechamiento de residuos se refiere a los procesos que permiten reincorporar, por lo menos, una parte de los productos a la cadena productiva, mediante su remanufactura, rediseño, reciclado y recuperación de materiales o energía.

Junto con el manejo Integral (de residuos) las actividades de reducción en la fuente, separación, reutilización, reciclaje, co-procesamiento, tratamiento biológico, químico, físico o térmico, acopio, almacenamiento, transporte y disposición final de residuos, individualmente realizadas o combinadas de manera apropiada, para adaptarse a las condiciones y necesidades de cada lugar, cumpliendo objetivos de valorización, eficiencia sanitaria, ambiental, tecnológica, económica y social (SEMARNAT, 2020).

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL.

Economía Circular.

La Economía Circular (EC) es un sistema de aprovechamiento de recursos donde se considera la reducción de los elementos: disminuir la producción al mínimo indispensable y cuando sea necesario hacer uso del producto, por lo que se deben reutilizar los elementos que, por sus propiedades, no pueden volver al medio ambiente.

Es una alternativa que busca redefinir qué es el crecimiento, enfatizando los beneficios para toda la sociedad, generando oportunidades económicas y de negocios, además, proporciona beneficios ambientales y sociales.

El concepto reconoce lo importante que es el funcionamiento de la economía en cualquier nivel, tanto en grandes y pequeños negocios, como en las organizaciones e individuos.

Principios del modelo circular.

El modelo circular crea capital económico, natural y social, basándose en tres principios:

- Eliminar residuos y contaminación desde el diseño.
- Mantener productos y materiales en uso.
- Regenerar sistemas naturales Procuraduría Federal del Consumidor, 2021.

Beneficios de la Economía Circular en base a los residuos del limón.

- Aboga por utilizar la mayor cantidad posible de materiales biodegradables en la fabricación de bienes de consumo -nutrientes biológicos- para que estos puedan volver a la naturaleza sin causar daños medioambientales al agotar su vida útil.

- La prolongación del tiempo de vida útil de productos es un elemento importante de la EC y algunas de sus estrategias clave son la reutilización, la reparación, la actualización, reelaboración de productos y sus componentes.

Que son los residuos.

Los residuos se definen en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), los describe como el material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo (Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos, 2003). El concepto se emplea como sinónimo de basura por hacer referencia a los desechos que el hombre ha producido.

De acuerdo a la clasificación con la Norma Ambiental para el Distrito Federal (NADF-024-AMBT-2013), existen residuos orgánicos, residuos inorgánicos, residuos peligrosos, residuos de sólidos urbanos.

Un residuo orgánico es todo desecho de origen biológico (desecho orgánico), que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo, por ejemplo: hojas, ramas, cáscaras y residuos de la fabricación de alimentos en el hogar o industrias. Estos son biodegradables (se descomponen naturalmente).

Los residuos orgánicos son aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica (Aramberri, 2017).

Residuos del Limón Persa.

Los residuos de cítricos son residuos orgánicos susceptibles de biodegradarse en cualquier proceso de compostaje. Sin embargo, conviene que el pH de la materia prima sea lo más neutro posible puesto que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica no toleran valores muy alejados del 7.

Por lo que los residuos de limón se caracterizan por sus particularidades fisicoquímicas, como un pH bajo entre 3 y 4, el alto contenido de humedad que oscila alrededor del 70 y 90%, un alto contenido de materia orgánica, cerca 95% del total de sólidos, una manera de ayudar a disminuir el pH es agregando un agente desacidificante como lima blanca hidratada, para neutralizar la acidez (Siles, Vargas, Gutierrez & Et al, 2016).

La producción de limón mexicano o Limón persa, ha mostrado un comportamiento coyuntural atípico derivado de factores como el clima y la estacionalidad. Los principales estados productores de limón mexicano son Colima, Michoacán, Oaxaca y Guerrero (Lujan, 2018).

De acuerdo a Pérez, en el 2019, la producción de limón persa en México fue de 1.3 millones de toneladas, lo que infiere la generación de 390,000 toneladas de cáscara residual. Donde estos residuos presentan potencial para obtener productos de valor agregado, debido principalmente a su composición que contiene en el flavedo y el albedo.

Características y propiedades de los residuos de limón Persa.

La cáscara del limón es verde amarillenta, y en ellas se encuentran sustancias medicinales muy importantes tales como flavonoides polifenólicos, su aceite esencial, citronela, felandreno, vitamina C, ácido cítrico, ácido málico, ácido fórmico, hesperidina o pectinas, entre otras (Luján, Reyes, & Carrillo, 2018).

Regulaciones fitosanitarias.

En el mercado nacional las especificaciones mínimas de calidad que debe cumplir el limón persa para su consumo están definidas dentro de la Norma NMX-FF-077-1996-SCFI Diario Oficial de la Federación, 2022.

El limón se clasifica en tres grados de calidad con la descripción y las tolerancias que se toman en cuenta, de acuerdo a (Tene, 2019).

Categoría	Descripción	Tolerancia de calidad
Extra	Deberán tener una calidad superior dependiendo de la variedad, no deberá presentar defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando el aspecto general del producto no se vea afectado, su calidad y su estado de conservación.	Se tolera el 5% en número o en peso, de los limones que no satisfagan esta categoría, que satisfagan los de la categoría I, que no superen las tolerancias para la categoría I.
Primera	Deberán ser de buena calidad (calidad superior) cumpliendo ciertas características de acuerdo con la variedad, podrá presentar algunos defectos leves siempre y cuando dichos defectos no afecten al aspecto general del producto, su calidad y su conservación: <ul style="list-style-type: none"> • Defectos leves en la forma. • Defectos de coloración. • Defectos de superficiales (cascara) que no excedan de 1 cm². 	Se acepta el 10% en número o en peso de los limones que no satisfagan los requisitos de esta categoría pero que satisfagan los de la categoría II, que no superen las tolerancias de dicha categoría.
Segunda	Pueden presentar defectos leves pero que no afecten su estado de	Se acepta el 10% en número o en peso de los

conservación y sus limones que no cumplan los características generales: requisitos mínimos de esta categoría, siempre y cuando no se vean afectados por podredumbre o cualquier tipo de deterioro que haga que no sean aptos para el consumo humano.

- Defectos de forma
- Defectos de coloración
- Defectos superficiales (cascara) que no excedan de 2cm².

Cuadro 2. Calidad del Limón persa.

Los cítricos como una problemática ambiental.

La grave contaminación por desechos cítricos a causa de empresas jugueras ha ocasionado denuncias entre los habitantes de Martínez de la Torre, siendo el principal productor en el estado de Veracruz, el cual causa la proliferación de moscas, además de que la putrefacción de éstos causa mohos que producen micotoxinas, pues al secarse las cáscaras contienen aflatoxinas un compuesto que en altas dosis causa enfermedades respiratorias, así como a largo plazo cáncer (Cítricos, 2021).

En el municipio de Cosautlán de Carvajal se tienen cultivos de Limón Persa en el cual el 50 % de los productores, utilizan fertilizantes, herbicidas, fungicidas y plaguicidas que contienen sustancias altamente tóxicas más sin embargo los problemas se relacionan con el desarrollo de resistencia de patógenos a muchos fungicidas específicos del sitio, los efectos potencialmente nocivos sobre la seguridad humana y la protección del medio ambiente Soto, Tramon, Aqueveque & de Bruijn, 2018.

La investigación de métodos alternativos para el control de enfermedades, por lo cual los suelos agrícolas están altamente degradados y requieren cantidades cada vez mayores de agroquímicos para mantener los rendimientos que exige la industria, mientras que algunos frutos no son favorecidos por lo cual se dejan en forma de

desperdicio en los campos ya que esos no pueden entrar al mercado y se dejan allí y pueden contaminar.

Del 50 % restante viene de productores que no aplican ningún tipo de fertilizantes, herbicidas, fungicidas y plaguicidas, solo dando la aplicación de riego y cal viva para evitar hongos y plagas (Soto, Tramon, Aqueveque & de Bruijn, 2018).

Eso influye a que al menos el 40% de la producción del Limón Persa, se coloque fuera del control de calidad debido a que no entre en los parámetros de calidad (Pérez, 2019).

Alternativas de aprovechamiento agroindustrial en el mejoramiento de la calidad del ambiente.

Logrando la revalorización de residuos orgánicos, siendo una estrategia muy importante para ayudar a resolver la contaminación ambiental; al mismo tiempo, permite aprovechar la biomasa para la generación de nuevos recursos, como se presentan a continuación:

A) Extracción de esencia de limón

Las esencias o aceites esenciales son una mezcla de compuestos de naturaleza lipídica compleja con componentes volátiles, cuya naturaleza química consiste de terpenos o sesquiterpenos, alcoholes aldehídos, cetonas, ácidos y ésteres (Silva, 2009). Los cuales son las responsables del aroma y las propiedades terapéuticas del limón (Santos, 2007).

Localización de esencias en el fruto:

Los aceites esenciales de los cítricos se encuentran ampliamente distribuidos en el pericarpio del fruto (Álvarez, 2012). Para un cítrico se localiza en el flavedo (cascara o corteza) donde se encuentran los aceites esenciales y el cual es el encargado de proteger al fruto de los microorganismos (Lindón, 2003).

Usos de las esencias:

Son usados como agentes de sabor a alimentos también son utilizados en perfumería en la industria alimenticia como materia prima, insecticidas, fármacos y aromatizantes, existe una gran cantidad de esencias importantes entre ellas se encuentran las esencias de cítricos (Varela, 2014).

Métodos de extracción de Hidrolato:

Destilación por arrastre con vapor de agua o hidrodestilación, es el proceso para obtener el hidrolato de una planta o parte aromática, mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica.

Para describir el proceso de hidrodestilación se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones: la materia prima vegetal es cargada en un hidrodestilador, de manera que forme un lecho fijo compactado. Su estado puede ser molido, cortado, entero o la combinación de éstos. El vapor de agua es inyectado mediante un distribuidor interno, próximo a su base y con la presión suficiente para vencer la resistencia hidráulica del lecho. La generación del vapor puede ser local (hervidor), remota (caldera) o interna (base del recipiente) (Günter, 1948).

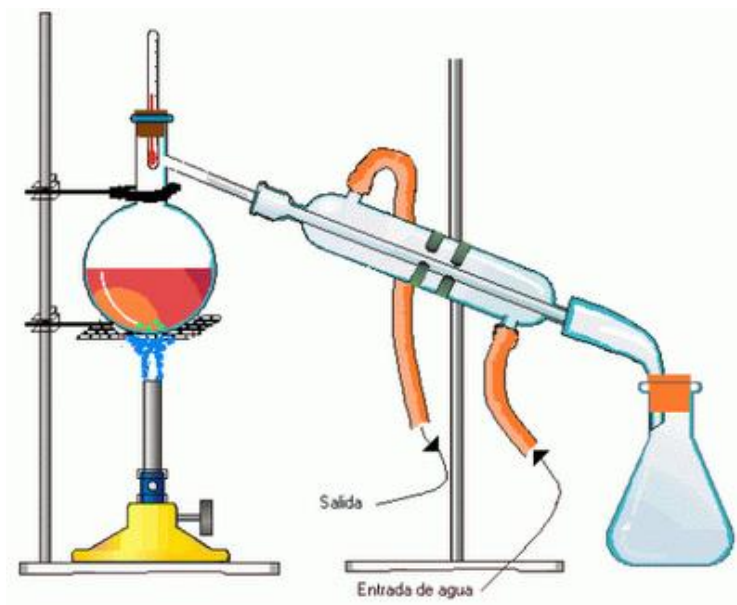


Figura 6. Equipo de hidrodestilación.

I. El prensado en frío, es donde el material vegetal es exprimido mecánicamente para liberar el hidrolato, es recolectado y filtrado. Este método es utilizado para la extracción de hidrolato de frutos cítricos (Álvarez, Alcaraz, & Real, Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas., 2012).

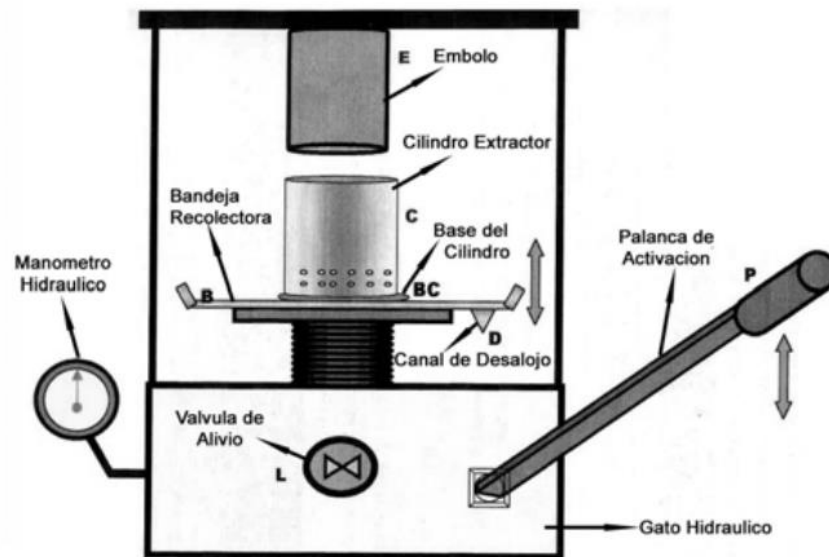


Figura 7. Prensa hidráulica utilizada para extracción de hidrolatos manualmente.

II. En el método de extracción con solventes volátiles, la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes como alcohol o cloroformo. Estos compuestos solubilizan el aceite esencial, pero también extraen otras sustancias como grasas y ceras, obteniéndose al final una esencia impura (Álvarez, Alcaraz, & Real, Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas, 2012).

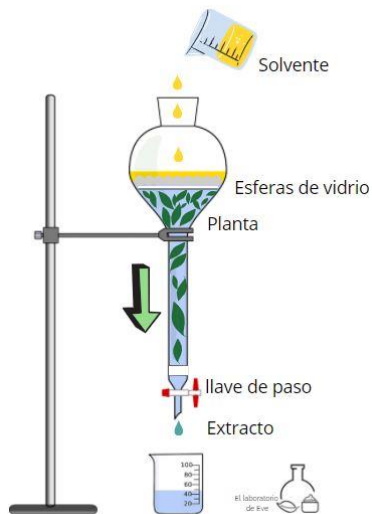


Figura 8. Equipo para extracción con solventes volátiles.

III. En el método de enflorado o enfleurage, el material vegetal (generalmente flores) se pone en contacto con una grasa. La esencia es solubilizada en la grasa que actúa como vehículo extractor. Se obtiene inicialmente una mezcla (el concreto) de aceite esencial y grasa la cual es separada posteriormente por otros medios físico-químicos (Álvarez, Alcaraz, & Real, Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas., 2012).



Figura 9. Extracción de aceite por enflorado.

IV. El método de extracción con fluidos supercríticos, es más reciente. El material vegetal cortado en trozos, pequeños, licuado o molido, se empa

en una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un fluido en estado supercrítico (por ejemplo CO₂).

Las esencias son así solubilizadas y arrastradas mientras que el fluido supercrítico, que actúa como solvente extractor, se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene una esencia cuyo grado de pureza depende de las condiciones de extracción (Álvarez, Alcaraz, & Real, Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas., 2012).

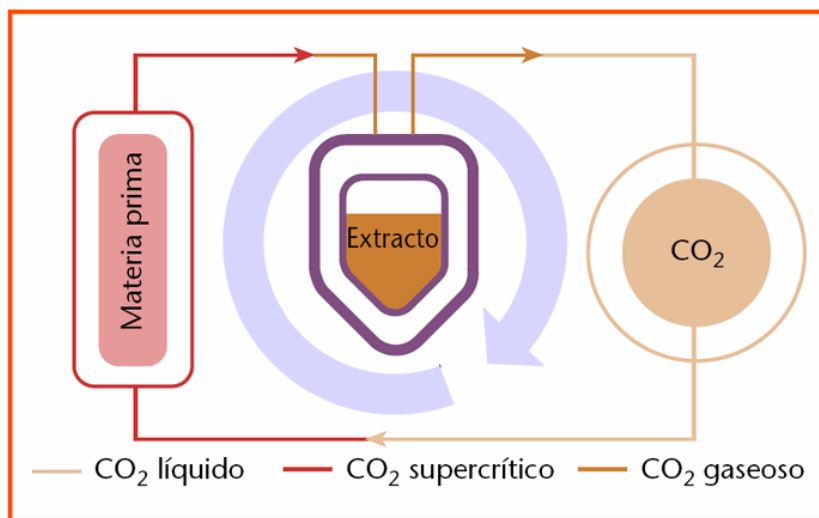


Figura 10. Extracción de esencias con fluidos supercríticos.

B) Extracción de pectina

La pectina es una sustancia natural que se encuentra principalmente en la cáscara de los cítricos con un (20 %- 35%), las cuales están contenidas en el albedo el cual es el extracto blanco, que se encuentra al interior de las cascarras (Chasquibol Silva, Arroyo Benites, & Morales Gomero, 2008).

Según Charles (2018) la pectina es un polisacárido de origen vegetal soluble, que se obtiene por extracción acuosa de fibra vegetal comestible y por lo general son de cítricos. La pectina es usada como agente gelificante, espesante y estabilizante debido

a sus propiedades hidrocoloides, que tiene la afinidad por el agua y se conocen por ser gomas en la industria de alimentos.

Características de la pectina:

Las pectinas muestran las siguientes características en general:

1. Solubilidad. La pectina debe ser disuelta en su totalidad para así poder garantizar su utilidad completa y evitar la formación de gel la proporción mínima de 1: 3, en agua caliente (85 – 90°C).
2. Estabilidad de almacenamiento. Debe conservarse en un lugar fresco y puede ser almacenado en el refrigerador.
3. Viscosidad. Las soluciones de pectina muestran una viscosidad menor en comparación con otros agentes espesantes (Britannica, T, 2023).

Composición química:

La pectina es un carbohidrato complejo, que contiene al menos 65 % de unidades de ácido galacturónico $C_6H_{10}O_7$.

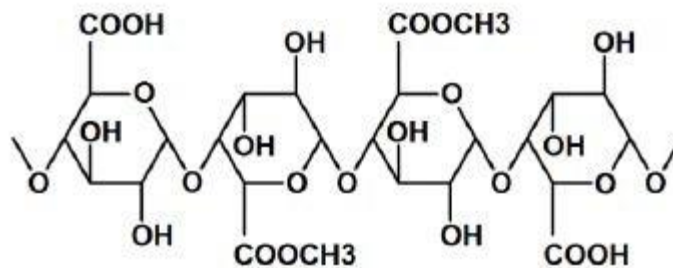


Figura 11. Estructura química de la pectina.

El ácido galacturónico el cual puede venir acompañado de azúcares, cada anillo de la cadena posee un grupo carboxilo (-COOH), que puede estar esterificado con metanol, produciendo ésteres metílicos (-COOCH₃), o quedar neutralizado por una base, como se esquematiza en la cadena con cuatro anillos de ácido (Franco, 2015).

Según Sriamornsak., 2003. Las pectinas se clasifican según su grado de esterificación (GE), expresado en porcentaje, ya que sus propiedades gelificantes están principalmente determinadas por el mismo. El GE varía 20 y 40% en las pectinas comerciales de bajo metoxilo y entre 60 y 75% en las de alto metoxilo.

El proceso de extracción convencional por hidrólisis ácida de la pectina de residuos de cítricos, da como resultado, una pectina con aproximadamente 70% de esterificación, aunque puede alcanzarse grados de esterificación mayores (Gilbert, 1998).

De acuerdo a la función de velocidad de gelificación y dependiendo de si están o no amidadas, las pectinas de alto y bajo metoxilo se subdividen como se detalla en la siguiente figura.

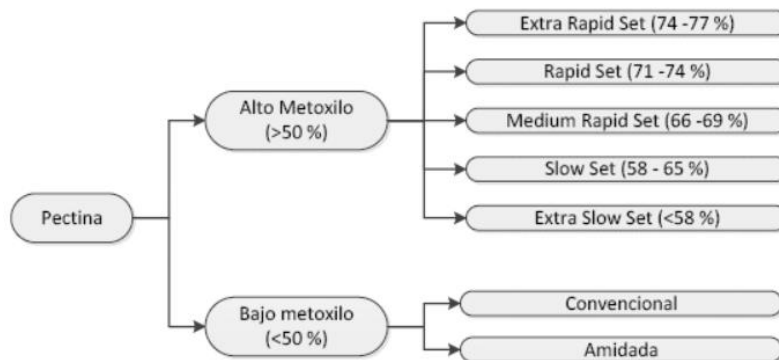


Figura 12. Clasificación de pectinas, según Voragen, 2003.

Aplicaciones de la pectina en la industria alimentaria:

Para la industria alimentaria, la pectina es un ingrediente importante, debido a su capacidad de formar geles acuosos por lo cual es funcional en la industria alimenticia (González, 2022).

La pectina es responsables de la textura y la viscosidad de algunos productos, tiene un gran interés tecnológico para el sector de la alimentación, donde es utilizado como gelificante, espesante, emulsificante, estabilizante en los productos lácteos, confitería, zumos, mermeladas, conservas, entre otros (Garza, 2003).

C) Licor de limón (Limoncello)

El licor de limón, conocido en México, se obtiene por la maceración alcohólica de la parte externa (flavedo) de la cáscara de limón para lograr un producto final con grado alcohólico que rara vez excede de 30 a 32% (v/v) (Linares, 2011).



Figura 13. Licor de limón.

Características del licor de limón:

Las sustancias que intervienen en la conformación del sabor y aroma de las frutas son los flavonoides y los fenoles los cuales le dan una aroma y sabor al licor (Cantos, 2017) por lo que la propiedad organoléptica del licor de limón es indirectamente relacionada a la composición del aceite esencial de limón Linares, 2011.

Composición química:

Las extraordinarias propiedades aromáticas y gustativas, estos compuestos son importantes como marcadores en estudios químico-taxonomicos del limón las

cumarinas y psoralenos son indicadores en la detección de adulteraciones de aceite esencial exprimido en frío por la adición de aceite destilado por vapor Álvarez, 2012.

La esencia del limón (*Citrus limonium*) es una de las esencias más ricas en vitaminas, contiene sobretodo vitamina C y caroteno, que es un forma de vitamina A. Contiene también terpenos (limoneno, felandreno, pineno, sequiterpenos, citrol, citronelol, linelol), acetatos de linalol y geraniol, aldehídos, etc.)

D) Limón deshidratado:

El limón deshidratado es un producto obtenido a partir de jugo de limón natural fresco y que, gracias las técnicas más avanzadas para la deshidratación, mantiene todo su sabor y aroma natural. Se ha procurado encontrar maneras diferentes de conservar los alimentos en buen estado para disponer de ellos cuando sea (Arancibia, 2020).



Figura 14. Limón deshidratado.

Usos del limón deshidratado:

Se sustituye a un limón fresco, a ser una pequeña cucharadita de polvo es lo mismo que exprimir medio limón (sin que un buen porcentaje del jugo se quede en la pulpa) con todo el sabor que se desea y con las mismas propiedades del limón fresco. Tener una reserva de jugo en polvo garantiza que, aun si se acaban los limones, siempre se puede seguir preparando producto como se muestran a continuación:

-Usarlo en el aderezo de la ensalada.

- En salsas como el guacamole.
- Mezclado con sal, pimienta y/o hierbas secas para hacer pimienta de limón u otras mezclas personalizadas como condimento.
- Para las verduras salteadas, durante o después de la cocción.
- En productos horneados, como panes dulces, magdalenas, galletas, bizcochos.
- Se puede utilizar el limón en polvo para preparar té (INES, 2022).

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.

3.1 Ubicación de estudio

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de microbiología, instalado en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Chilchotla, ubicado en la Av. Miguel Hidalgo s/n, 75070 Chilchotla, Puebla, con las coordenadas 19° 14' 8" N, 97° 10' 56" W (Figura 15).



Figura 15. Ubicación de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Chilchotla.

3.2 Ubicación de la materia prima

La materia prima fue recolectada en el municipio de Cosautlán de Carvajal, Veracruz, situado coordenadas 19°19'56.8"N 96°59'28.2"O, colonia 12 de abril, en la fecha de diciembre del 2022 y junio del 2023 (Figura 16).

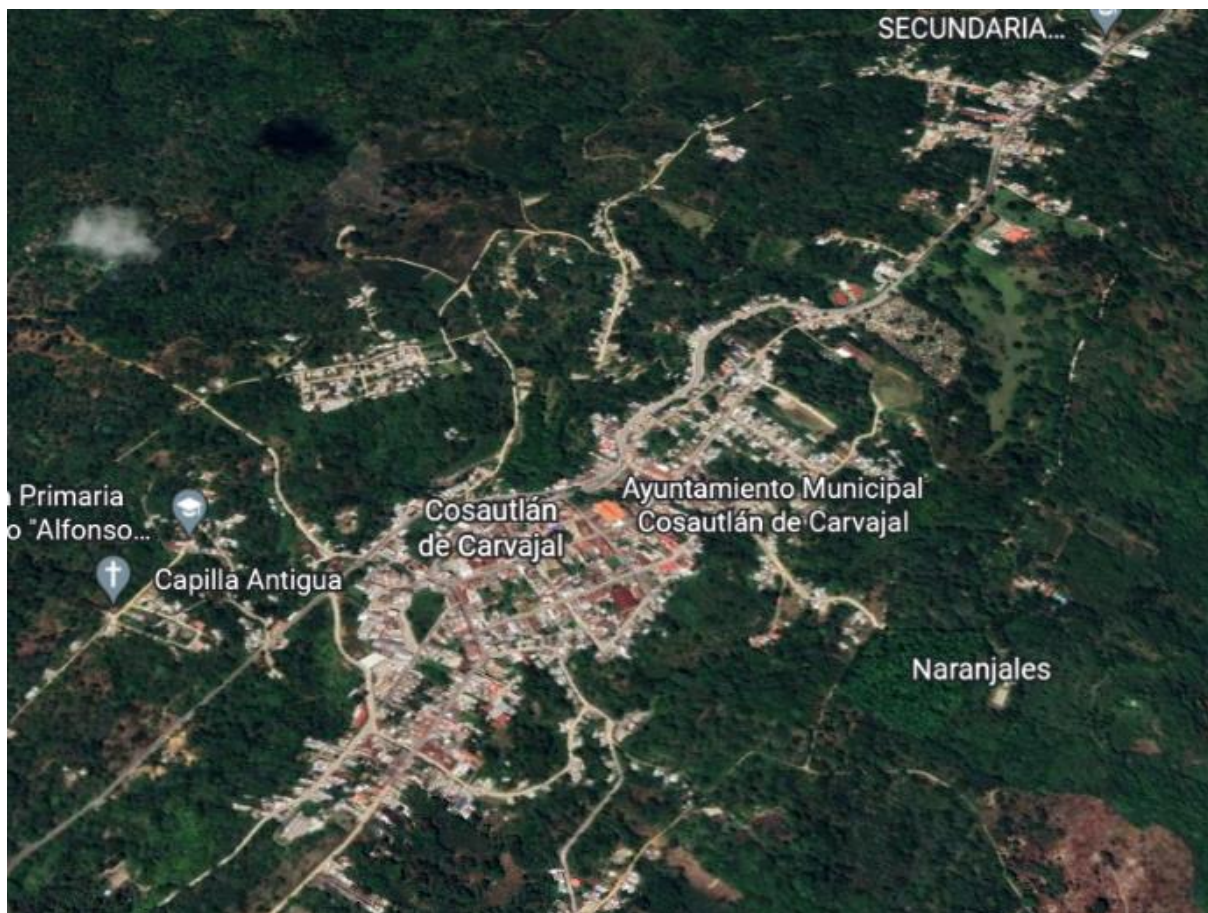


Figura 16. Ubicación de materia prima en Cosautlán de Carvajal, Veracruz.

3.3 Materiales

Material vegetal: Se trabajaron aproximadamente con 5 kg de Limón persa, que de acuerdo con la clasificación de la tabla 3, es de segunda calidad del municipio de Cosautlán, recolectado el 5 de diciembre del 2022.

3.4 Metodología

Se llevaron a cabo las siguientes metodologías:

3.4.1 Extracción de hidrolato de limón

El método más común para la obtención de hidrolato es la destilación por arrastre de vapor, de acuerdo a Laso C. M, Jimeno A. N, 2018, es un proceso de separación por el cual, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal, a continuación se describen los pasos empleados, con algunas modificaciones para simplificar el método:

Lavado y pelado del limón: Se lavaron con agua destilada para la remoción de residuos sólidos o material extraño al limón, posteriormente con la ayuda de un pelador manual se retiró el flabelo (cascara verde).

Peso de cáscara: Se pesaron 50g de cascara de Limón Persa en una báscula digital gramera de la marca CONTROL EXPERT 200g/0.01 g modelo MH-series.

Destilación a arrastre de vapor: Se montó el equipo de destilación de arrastre de vapor se colocaron 20 gramos de cascara de limón con 50 ml de agua y se dejó durante 2 horas.

Recolección de hidrolato: la esencia se recolectó en tubos tipo Falcón de 50 ml de fondo cónico.

Prueba de esencia: se utilizó un difusor comercial para evaluar el aroma del hidrolato.

Rendimiento de hidrolatos:

El rendimiento de los hidrolatos se define como la relación en gramos de hidrolato obtenido con respecto a la cantidad en gramos de material vegetal utilizado y se calcula mediante la Ecuación 1 (Rodas, 2012).

$$\text{Porcentaje de rendimiento} = \frac{m_{a.e}}{m_{MV}} \times 100$$

(1)

Donde,

$M_{a.e}$, masa de hidrolato, g

m_{MV} , masa de material vegetal, g

Sin embargo, el porcentaje de rendimiento de un hidrolato, en base húmeda es donde la Ecuación 1 de la masa del material vegetal se refiere al material vegetal fresco o seco. De igual forma el rendimiento se puede expresar en términos de volumen de hidrolato en ml con respecto a la cantidad en gramos de material vegetal utilizado, ya sea fresco o seco (Pencue, 2013). Como se muestra en la Ecuación 2.

$$\text{Porcentaje de rendimiento} = \frac{V_{a.e}}{m_{MV}} \times 100 \quad (2)$$

Donde,

V_{ae} , volumen de hidrolato obtenido, ml.

3.4.2 Extracción de pectina

La metodología empleada para la obtención de pectina se basó de acuerdo a Púa R. Amparo., 2015 con algunas modificaciones para simplificar el procedimiento, la hidrólisis es un método para hidrolizar la pectina y extraerla del medio, mediante técnicas sencillas:

Pelado del albedo: Se les retiro de manera manual el albedo con un pelador afilado reservó en vasos de precipitado de vidrio de 250 ml.

Extracción en medio ácido: Se pesaron 50 gramos de albedo de Limón persa y se colocaron en vasos de precipitado de 500 ml, con 250 ml de agua destilada, se ajustó el pH de 2.0, agregando Ácido Clorhídrico 5 N.

Inactivación enzimática: Cada muestra se calentó a 90°C por 30 minutos para inactivar las enzimas Pectinesterasa y Poligalacturonesterasa que degradan la pectina (Domínguez et al, 2011).

Precipitación: se dejó enfriar la muestra añadiendo 300 ml de alcohol etílico al 96% previamente frío, formando un gel.

Filtrado: se separó la pectina superior con la ayuda de una cuchara, y se colocó en vidrio de reloj para extraer el alcohol y se separó la pectina inferior en otro vidrio de reloj.

Secado: La pectina purificada se sometió a secado en la estufa de desecación Marca: MIGSA modelo GE-Black-32 a una temperatura a 45° C durante 2 horas, para evaporar el alcohol.

Almacenamiento: La pectina se almacenó en recipientes de plástico con tapa a una temperatura ambiente de 20° a 24°C.

Rendimiento de pectina:

Para la determinación del rendimiento de pectina fue utilizada la Ecuación 3 propuesta por (Anaya, Ortega Quintana, Vélez Hernández, & Pérez Sierra, 2018).

$$\text{Rendimiento (\%)} = \text{Pectina húmeda (g)} / \text{Muestra inicial de cáscara (g)} * 100 \quad (3)$$

3.4.3 Licor de limón (Limoncello)

La elaboración de licor de limón se realizó con técnicas artesanales junto con la referencia de Reyes L. A, Pino A.J, Moreira O, V. 2011 que se muestran a continuación:

Lavado y pelado del limón: Se lavaron con agua destilada para la remoción de residuos sólidos o material ajeno, posteriormente se pelaron los limones de manera manual para obtener el flavelo y se reservaron.

Preparación del macerado: En un frasco de vidrio se colocaron 100 gramos de cascara con 500 mililitros de alcohol o caña de azúcar. Se tapó y se dejó reposar por 2 semanas en un lugar fresco y sin luz directa.

Preparación del licor: Después de la maceración, se hirvieron 500 mililitros de agua con 400 gramos de azúcar, una vez preparado el almíbar, se colocó en lo macerado y se mezcló con el almíbar, se tapó, dejándose reposar por 2 semanas.

Filtrado de cascara: Una vez reposado el licor, se filtró el licor y se vertió en una botella de vidrio previamente esterilizada.

Almacenado: Una vez embotellado se almaceno y se colocó en refrigeración para su posterior degustación.

3.4.4 Limón deshidratado

La elaboración de limón deshidratado se realizó con la metodología reportada de Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., & Pérez, L. 2018, con algunas modificaciones para simplificar el procedimiento, que consiste en el aprovechamiento de la pulpa que normalmente se considera seca, con la finalidad de ser usado en polvo.

Pelado de albedo: con la ayuda de un cuchillo se pelo el hasta quedar limpio.

Corte de rodaja: se cortan rodajas de 5mm aproximadamente y se colocan en charolas de aluminio.

Secado: se colocan en la estufa de secado a 50°C por 10 horas.

Trituración: Una vez secas se pulverizaron de forma mecánica con la ayuda de una licuadora casera marca Ninja, modelo BL-773C0

Almacenamiento: Se almaceno a temperatura ambiente de 20° a 25°C, en bolsas herméticas de cierre deslizable de Ziploc y se rotulan con nombre y fecha.

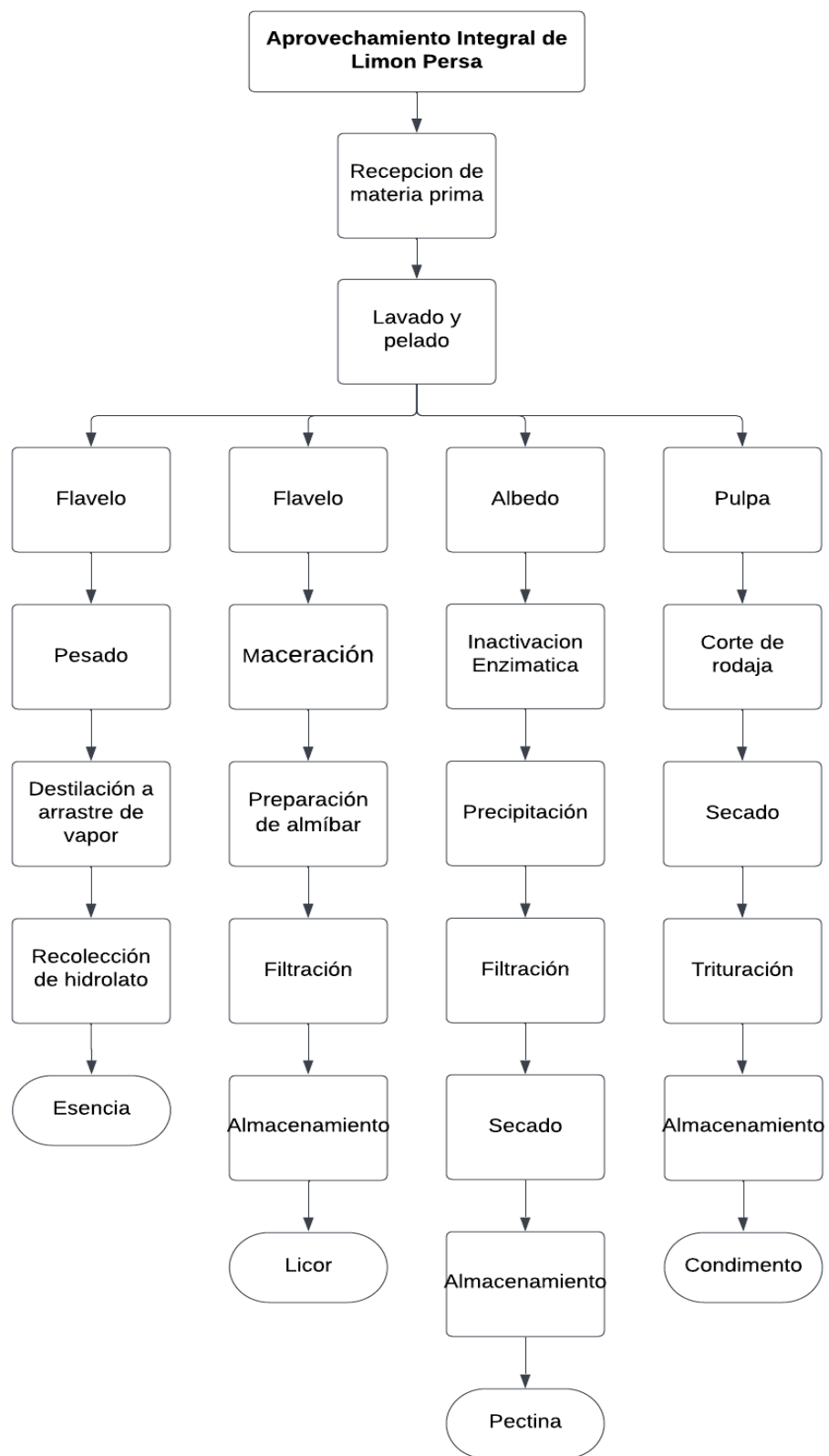


Figura 17. Diagrama de metodologías (Imagen propia).

Capítulo 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Extracción de hidrolato de limón.

Para la extracción de hidrolato, se utilizaron limones de 3 etapas de maduración, tomando en cuenta las siguientes características y grosor de la cascara: tierno, maduro y recio.

Se analizaron por triplicado y se registraron los resultados en el siguiente cuadro:

Etapa	Verde			Maduro			Recio		
Muestra	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Volumen de hidrolato obtenido	8.5	7	8	11.8	12.2	11.3	9.6	8.1	9.3
Masa de muestra	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Rendimiento (%)	17	14	16	26.6	24.4	22.6	19.2	16.2	18.6
% total promedio		15.66		24.53			18		

Cuadro 3. Resultados de extracción de hidrolato.

El mejor rendimiento fue de 24.53% con el limon maduro seguido por el rendimiento del limon recio con un 18% y con un rendimiento mas bajo fue el del limon verde con un 15.66% en este caso el mayor rendimiento se obtuvo con limón maduro y el de menor rendimiento fue el limón verde.

De acuerdo a Santos 2014, el obtuvo un rendimiento de 26.32 % de rendimiento en la etapa de limon maduro es un porcentaje de rendimiento casi similar al obtenido que fue de 24.5% los resultados fueron muy semejantes a comparacion con Santos hubo una minima diferencia.

Günther en 1948, propone que los aceites esenciales producidos de esta forma son, frecuentemente diferentes, por lo que algunos químicos, no volátiles en el vapor, quedan en el destilador; estos compuestos no volátiles son responsables del sabor más que del olor. Algunas sustancias muy volátiles se pierden en la destilación. Además el proceso en sí puede inducir cambios químicos, como la oxidación o hidrólisis, conduciendo a una pérdida de rendimiento de extracción de hidrolato de limón.

4.2 Extracción de pectina.

Para la extracción de pectina se realizaron 3 muestras duplicadas en 3 distintas etapas de maduración del Limón Persa. Obteniendo como resultado pectina inferior y superior en cada muestra obteniendo los siguientes datos:

Etapas	Verde		Maduro		Recio	
Muestra	1	2	1	2	1	2
Peso de Albedo (gr)	50	50	50	50	50	50
% de pectina superior	28.5	20.9	28.9	25.11	17.5	15.3
% de pectina inferior	24.10	11.6	27.6	21.10	2.10	29.5
% total promedio	21.2		25.6		16.1	

Cuadro 4. Resultados de extracción de pectina.

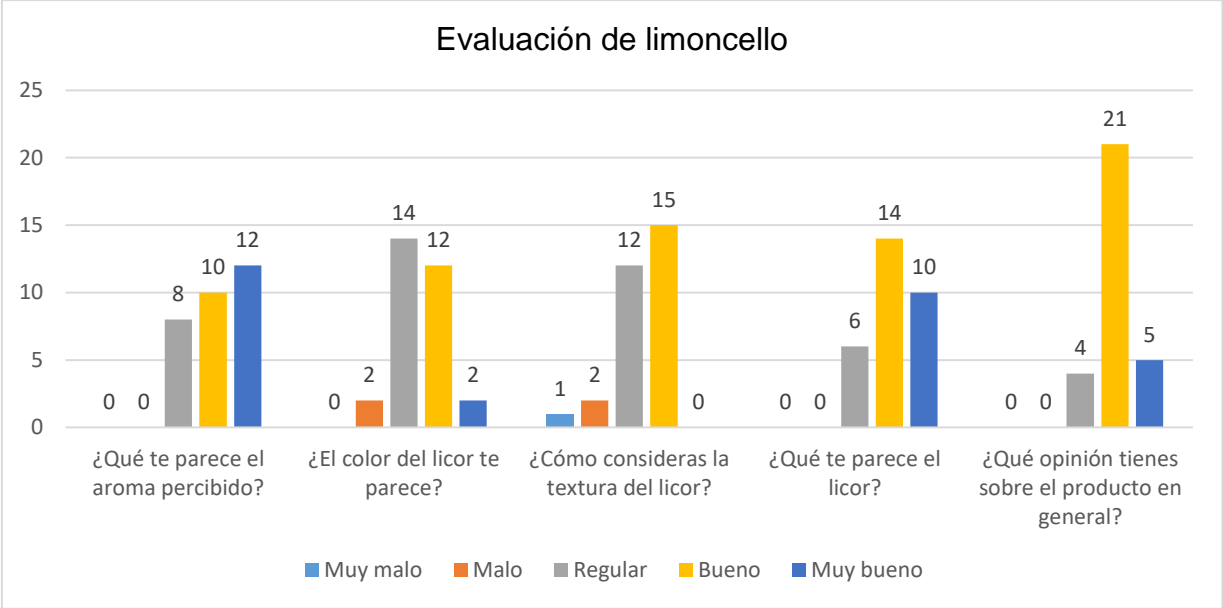
Los porcentajes promedios obtenidos de la extracción de pectinas se observan en el cuadro 4, donde se registra que el mejor rendimiento promedio de pectina es el limón maduro con un porcentaje promedio de 25.6, seguido por el limón verde con un 21.2% el de menor rendimiento se registró con limón recio con 16.1%.

Se lograron obtener y evaluar el rendimiento por separado pectina superior e inferior de todas las muestras.

Púa., et al (2015) obtuvo un rendimiento de 1.26 % pero de pectina seca utilizando albedo de limón verde variedad Tahití, no es comparable con el rendimiento debido que son diferentes métodos de extracción en este trabajo se utilizó pectina semihúmeda, pero se considera que se obtuvo un buen rendimiento y aprovechamiento para la obtención de pectina utilizando tres tipos de limón ya que el menor que fue con limón recio fue de 16.1%.

4.3 Licor de Limón (Limoncello)

En la elaboración de licor se realizó utilizando 3 tipos de alcohol, los cuales fueron alcohol del 96°, vodka y aguardiente (36°de alcohol). A las personas entrevistadas se les aplicó una encuesta de la escala de Likert, con la evaluación de: 1, Muy malo; 2, Malo; 3, Regular; 4, Bueno; 5, Muy bueno (Ver anexo, Figura A-39) de acuerdo a la preferencia del entrevistado.



Grafica 1. Evaluación de preferencia del licor "Limoncello".

En la gráfica anterior se muestra el número de personas con su preferencia de acuerdo a las características del sabor olor y color que presenciaron los entrevistados.

De la pregunta 1, ¿qué te parece el aroma percibido?, el 40 % de la población entrevistada le pareció un aroma muy bueno, de la pregunta 2 ¿Qué te parece el

color?, el 46.66% consideraron que el color es regular, en la pregunta 3, ¿cómo consideras la textura del licor?, el 50% de los entrevistados consideraron una textura buena. La pregunta 4, ¿qué te parece el licor?, el 46.66 % de los entrevistados consideran que es un licor bueno. La pregunta 5, ¿Qué opinión tienes sobre el producto en general?, el 70% consideran que es un licor con buen potencial para darlo a conocer en la comunidad y alrededores.

Para la evaluación de la calidad de limoncello, se siguieron recetas tradicionales. La evaluación del licor se realizó mediante una encuesta de preferencia sobre este, dando como resultado la aceptación del licor con el alcohol del 96°, ya que conserva un sabor fresco y ligero, manteniendo sus propiedades organolépticas.

La literatura encontrada de elaboración de limoncello de acuerdo a Montesdeoca, S. L., Cepeda, J. G., Beltrán, J. C., & Cruz, V. R. (2023). Se realizaron 4 tipos de bebidas fermentadas empleando limoncello, limón Meyer, limón criollo y limón mandarina. Para ello emplearon la escala de Likert dando como resultado de la evaluación sensorial del atributo de olor, color, sabor y apariencia, confirmando lo mencionado por Douglas, D, (2000), que menciona que el licor de limón ha ganado popularidad por ser muy digestible, su dulzor e incomparable aroma y sabor que presenta el mismo.

4.4 Limón deshidratado

Los resultados del limón deshidratado se muestran en el cuadro 5:

Etapa	Verde			Maduro			Recio			
	Muestra	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Peso seco (gr)		8.4	9.3	7.8	6.6	7.1	7.3	7.9	6.3	7.9
Rendimiento (%)		9.54	10.81	9.71	8.5	8.9	9.1	9.4	8.3	9.6
% total de rendimiento		8.5			7			7.36		

Cuadro 5. Resultados de limón deshidratado.

Los resultados del limón deshidratado se muestran en el cuadro 5 donde se obtuvo el mejor rendimiento de 8.5 % en el limón verde

, posteriormente un 7.36 % en el limón recio, ya que la etapa del limón ya se está secando y por último un 7 % en el limón maduro, ya que al estar en su etapa de consumo, esta con un alto contenido de agua se pierde su pulpa.

De acuerdo a Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., & Pérez, L. 2018, en comparación del deshidratado del Limón Persa mediante la deshidratación osmótica y el secado caliente resulta ser más eficiente, ya que concentra la vitamina C. Al igual que Badillo P. M. D 2012, comparo el potencial nutritivo entre el deshidratado de limón persa (*Citrus latifolia tanaka*) en bandejas y microondas, resultando la más idónea el secado por bandejas con una concentración de 13.44 mg/100g mas que la deshidratación por microondas.

4.5 Evaluación de costos de extracción de pectina.

De acuerdo al cuadro 6, se muestra el costo del material y en el cuadro 7 el presupuesto de los instrumentos y equipo para la extracción de pectina de Limón Persa.

Muestra					
Material	g	Pza	ml	Precio unitario	Costo (\$)
Albedo	50			\$35 x 500 g	3.5
Tiras de pH		4		\$244 pq	9.76
Ácido clorhídrico			20	\$498 litro	9.96
Agua destilada			250	\$298 x 20 litros	3.72
Alcohol al 96°			300	\$300 x 5 litros	18
					44.94 +50%
				Total	67.41

Cuadro 6. Presupuesto de insumos.

El costo de extracción por muestra se propone en un precio de \$68 a \$70 pesos mexicanos, por una muestra de pectina superior de 30 gramos y 20 gramos de pectina inferior, dando un peso final de 50 gramos aproximadamente.

Instrumentos	Cantidad	Precio	Total
Parrilla eléctrica	1	1,277	1,277
Vaso de precipitado de 1000 ml	3	180	540

Probeta de 100 ml	1	319	319
Gotero	1	22	22
Embudo	1	167	167
Equipo			
Centrifugadora	1	38,860	38,860
Estufa de desecación	1	29,890	29,890
Total			\$ 71,075

Cuadro 7.Presupuesto de instrumentos y equipo.

Nota: son costos de instrumentos de laboratorio utilizados en la universidad ese es su precio aproximado.

De acuerdo al estudio de rentabilidad de instrumentos y equipo para la extracción de pectina, se propone un proyecto de comunidad para el aprovechamiento del Limón Persa que no logra entrar en las categorías de calidad, como lo es en Cosautlán de Carvajal, logrando una economía circular donde se disminuya la contaminación del suelo y así mismo agregar valor agregado a productos derivados del Limón Persa.

4.6 Comparación de precio en venta de la pectina

Se comparó el precio de pectina extraída con una pectina existente en el mercado de productos de uso, el cual puede ser rentable y vendida en el mercado como una competencia dentro de insumos de preparación de alimentos.



Figura 18. Pectina existente en el mercado. (Imagen de Google).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se realizó un aprovechamiento integral del Limón Persa en diferentes estado d madurez mediante procesos agroindustriales para la elaboración de productos. Esto se logró mediante técnicas de extracción por medio acido, maceración y destilación de arrastre de vapor, así como el secado por medio físico, obteniendo 4 productos derivados del Limón Persa como fue el hidrolato de limón, la pectina, el licor de limón y condimentos.

Se evaluó la factibilidad económica de la pectina con una marca del mercado y comparando su precio siendo casi similar lo cual la pectina es buen espesante es producto de buena calidad.

Se recomienda a futuros estudiantes que tengan el interés en el proyecto, crear nuevas alternativas de productos que puedan realizare con diferentes técnicas.

Aprovechar la materia prima que no cumpla los criterios de calidad, para transformar productos con valor agregado que puedan competir en el mercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Álvarez, M. R., Alcaraz, L. M., & Real, S. C. (2012). Procedimientos Para La Extracción De Aceites Esenciales En Plantas Aromáticas. La Paz, Baja California Sur México: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C.

Anaya, K. J., Ortega Quintana, F., Vélez Hernández, G., & Pérez Sierra, Ó. (2018). Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. Obtenido de Universidad de Córdoba, Facultad de Ingenierías.: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v29n1/0718-0764-infotec-29-01-00129.pdf>

Aramberri, M. (2017). Análisis ambiental de los residuos de las industrias jugueras. Obtenido de Universidad Nacional de Quilmes, Secretaría de Posgrado, <http://ridaa.unq.edu.ar>,

Arancibia, A.V, Salvatierra G.A. (2020). Elaboración de productos con mayor valor agregado a partir del limón. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Badillo Perero, M. D. (2012). Estudio Comparativo del Potencial Nutritivo del Limón Persa (*Citrus latifolia tanaka*) Deshidratado en Secador de Bandejas y en Microondas (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Beltrán, M. N. (2009). Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación. Obtenido de <https://www.compucampo.com/tecnicos/calidadlimonpersanaranjavalenciana.pdf>

Británica, T. (2024). Pectina. Enciclopedia Británica. Editorial de Enciclopedia. <https://www.britannica.com/science/pectin>

Cantos P.V.E., Peñarrieta, M.M.A. (2017). Tipo y concentraciones de zumos como saborizantes y aromatizantes naturales en la aceptabilidad de una bebida alcohólica. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí. Obtenido de SPAAMFDL: <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/642/1/TAI127.pdf>

Cañizares, A., Sanabria, M., & Rojas, E. (2005). Anatomía de la hoja de Lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka). *Revista UDO Agrícola*, 68-73.

Cerutti, M., Neumayer, F. (2004). Introducción A La Obtención De Aceite Esencial De Limón. *Revista Dialnet*. Obtenido de [file:///C:/Users/Berea/Downloads/Dialnet-IntroduccionALaObtencionDeAceiteEsencialDeLimon-3331453%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Berea/Downloads/Dialnet-IntroduccionALaObtencionDeAceiteEsencialDeLimon-3331453%20(1).pdf)

Chasquibol Silva, N., Arroyo Benítez E., & Morales Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas a partir de frutos. *Ingeniería Industrial*, 175 - 199.

Citricos.com. (2021). Desechos cítricos causan delito ambiental. Obtenido de <https://citricos.com/desechos-de-citricos-causan-delito-ambiental-en-martinez-de-la-torre>

Condorchem Envitech. (2020). Obtenido de Valorización energética de residuos: <https://condorchem.com/es/blog/valorizacion-energetica-de-residuos/#:~:text=Se%20trata%20de%20un%20proceso,y%20en%20ausencia%20de%20aire>.

Curti Díaz, S. A. (marzo de 2000). Tecnología para producir limón persa. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: México.

Diario Oficial de la Federación. (2002). DECLARATORIA de vigencia de las normas NMX-FF-074-1996-SCFI y NMX-FF-077-1996-SCFI. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4892338&fecha=15/07/1996#gsc.tab=0

El Omaní M., Ait-Oubahou A. (2011). *Citrus spp.: Orange, Mandarin, Tangerine, Clementine, Grapefruit, Pomelo, Lemon and Lime*. In: *Postharvest Biology and Technology of Tropical and Subtropical Fruits*. Woodhead Publishing Limited (ed). Morocco. Agricultural and Veterinary Institute Hassan II. pp: 437-516e

Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., & Pérez, L. (2018). Deshidratación osmótica y secado por aire caliente en mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Información tecnológica*, 29(3), 197-204.

Franco, V. Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Inv. y Des.* vol.1, 2-6.

Franklin, B. (2022). Secretaria de Agricultura y Desarrollo. Obtenido de Escenario Mensual de Productos Agroalimentarios: www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/759469/Lim_n_Agosto_2022.pdf

Garza, S. (2003). Los geles de pectina y su aplicación en la industria alimentaria. *Revista de tecnología e higiene de los alimentos*, 93-98.

Gilabert, J. (1998). Degradación Enzimática y Características Físicas y Químicas de la Pectina de Bagazo de Melocotón. Tesis Doctoral.

Gonzalez, V. R. (2022). Pectinas: extracción, usos e importancia en la agroindustria. *Ciencia Latina*, 22-29.

Günther, E. (1948). *El aceite esencial*. Nueva York.

Huerta, J. A. (2022). Plan Municipal de Desarrollo. Obtenido de Finanzas: <http://www.veracruz.gob.mx/finanzas/wp-content/uploads/sites/2/2022/PMD/PMD%20Cosautl%C3%A1n%20de%20Carvajal.Veracruz.2022-2025.pdf>

INES. (2022). Limón deshidratado: la alternativa práctica al jugo de limón. Obtenido de <https://www.ines.com.mx/blogs/noticias/limon-deshidratado-la-alternativa-practica-al-jugo-de-limon>

Laso C. M, Jimeno A. N, 2018. Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor. Trabajo de fin de grado Ingeniería en Tecnologías Industriales. 21-23.

Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos. (2003). México. Obtenido de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf

Linares, A. R. (2011). Aspectos generales sobre la elaboración del licor de limón. Sobre los Derivados de la Caña del CIDCA., 13-19.

Lindon, A. G. (2003). El limón y sus componentes Bioactivos. San Luis Potosí: Pictografía, S.L.

Lujan, M. d. (2018). APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS AGRONÓMICOS. TLATEMOANI Revista Académica de Investigación, 119-120.

Missouri Botanical Garden. (2020). Citrus x latifolia Tanaka ex Q. Jiménez. Agro Productividad, 83-88. Obtenido de Producción y calidad de fruto de limón persa.

Pencue, R.A. M. (2013). Evaluación de la actividad antimicrobiana de aceites esenciales e hidrosoles de Rosmarinus officinalis y Taraxacum officinale frente a microorganismos patógenos. Obtenido de Trabajo de grado, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Bogotá.

Pereira, R. S. (2005). Cultivo del Limón Persa (Citrus latifolia L) y sus Principales Plagas y Enfermedades. Monografía. Universidad Autónoma Agraria.81-85.

Martínez P. L. A. (2019). Análisis de modelos de cadenas productivas de cítricos. Obtenido de tesis del instituto tecnológico superior de la región sierra: <https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/3237/1/LAURA%20ADRIANA%20MARTINEZ%20PEREZ.pdf>

Procuraduría Federal del Consumidor. (2021). Economía Circular. Obtenido de <https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/economia-circular?idiom=es#:~:text=El%20modelo%20circular%20crea%20capital,se%20basa%20en%20tres%20principios%3A&text=Eliminar%20residuos%20y%20contaminaci%C3%B3n%20desde%20el%20dise%C3%B1o.&text=Mantener%20producto>

Púa R. Amparo., B. R. (2015). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de limón tahití (citrus x latifolia) en dos estados de maduración. @limentech ciencia y tecnología alimentaria, 180 -194.

Rodas, M. (2012). Análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos del aceite esencial de romero obtenido por medio de la destilación por arrastre de vapor. Obtenido de Tesis, Universidad Rafael Landívar, Departamento de Ingeniería Química, Guatemala.: <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5569/1/40655.pdf>

Olviedo S.E, (2007). Generalidades del aceite esencial a partir de la corteza del limón (*Citrus limonium*) en la industria alimentaria. Repositorio Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de Monografía: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/377/60026s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Secretaría de Gobernación. (1996). Diario Oficial de la Federación. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4892338&fecha=15/07/1996#gsc.tab=0

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2020). Glosario. Obtenido de http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/RECUADROS_INT_GLOS/D3_RME/D3_GLOSARIO_RME.htm

Sigstad, C. (2021). Rodajas de limón deshidratadas con horno. Obtenido de Biotuc bloc: <https://www.biotuc.com/limon-deshidratado-con-horno/#:~:text=En%20caso%20de%20cortarlo%20a,Darles%20la%20vuelta%20cada%20hora.>

Siles, J. A., Vargas, F., Gutiérrez, M., & Et al. (2016). Valorización integral de residuos de piel de naranja mediante tecnologías de combustión, biometanización y compostaje. *Tecnología Bioambiental*, 173-182.

Montero C.Y, (2009). Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka). Universidad Veracruzana. Tesis del Instituto de ciencias básicas.

Soto, F., Tramó, C., Aqueveque, P., & de Bruijn, J. (2018). Microorganismos antagonistas que inhiben el desarrollo de patógenos en post-cosecha de limones

(citrus limon l.). Obtenido de Facultad de Ingeniería Agrícola, Departamento de Agroindustrias: <https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v34n2/0719-3890-chjaasc-00406.pdf>

Sriamornsak., P. (2003). Química de la pectina y sus usos farmacéuticos: una revisión. Revista internacional de la Universidad de Silpakorn, 206-208.

Unión Europea. (2019). Obtenido de Partes del limón – Limón y sus partes: <https://thelemonage.eu/elige-tus-limones/vamos-por-partes/>

Varela, J. A. (2014). Extracción de aceites esenciales del limón persa. Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de Extracción de aceites esenciales del limón persa: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19571/JAEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Yepes, S. M., Naranjo, L. J., & Sánchez, F. O. (2008). Valorización de residuos agroindustriales frutas en Medellín y el sur del valle del aburrá, Colombia x. En Medellín y el sur del valle del aburrá, Colombia, 4422-4431. q

ANEXOS



Figura A-17. Corte y selección de Limón persa.



Figura A-18. Selección de Limón Persa.



Figura A-19. Corte de Limón persa.



Figura A-20. Pesado de cáscara.



Figura A-21. Destilación a arrastre de vapor.



Figura A-22. Recolección de hidrolato.



Figura A-23. Preparación de HCl, 5N.

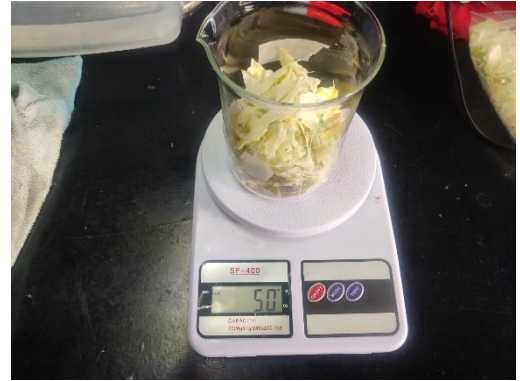


Figura A-24. Pesado de albedo.

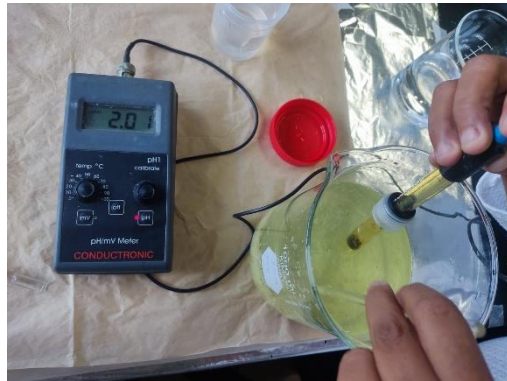


Figura A-25. Extracción de pectina en medio ácido.



Figura A-26. Inactivación enzimática.



Figura A-27. Filtrado de pectina.

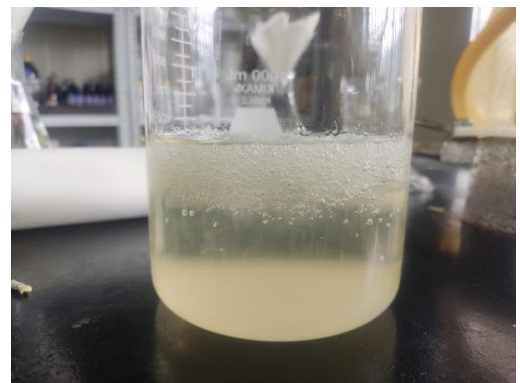


Figura A-28. Precipitado de pectina.

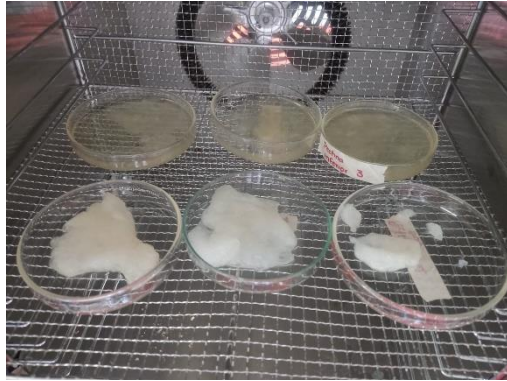


Figura A-29.Secado de pectina.

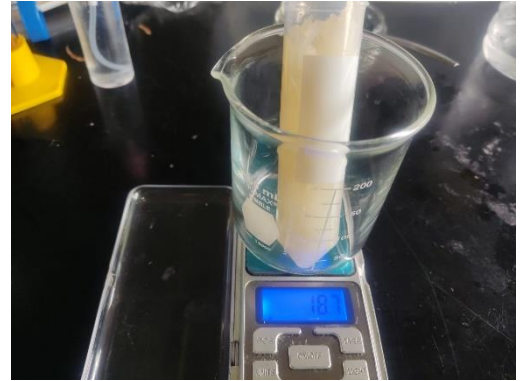


Figura A-30. Pesado y almacenamiento de pectina.



Figura A-31. Pesado de cáscara de Limón Persa.



Figura A-32.Maceración de licor.



Figura A-33. Preparación de almíbar.



Figura A-34.Preparación de licor.



Figura A-35. Almacenamiento.



Figura A-36. Pesado de Limón en rodajas.



Figura A-37. Secado de Limón Persa.



Figura A-38. Trituración de Limón deshidratado.

Universidad Interserrana del Estado de Puebla Chilchotla

Evaluación de licor "Limoncello" a base de cascara de limón persa.

Instrucciones:
Por favor, rellena la encuesta de acuerdo a tu preferencia del licor de limoncello, con la siguiente escala:

1. Muy malo
2. Malo
3. Regular
4. Bueno
5. Muy bueno

Pregunta	1	2	3	4	5
¿Qué te parece el aroma percibido?					
¿El color del licor te parece?					
¿Cómo consideras la textura del licor?					
¿Qué te parece el licor?					
¿Cuál opinión tienes sobre el producto en general?					

Figura A- 39. Encuesta de licor "Limoncello".