



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA

**“PROPUESTA DE PROCESO PARA EL
APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE TRES
ESPECIES DE CÍTRICOS DE LA REGIÓN DE
MISANTLA – MARTÍNEZ DE LA TORRE,
VERACRUZ”**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO BIOQUÍMICO

P R E S E N T A N

JOSÉ LUIS LIBREROS ALONSO

MÓNICA PARRA OJEDA

ASESOR:

DR. GUSTAVO MARTÍNEZ CASTELLANOS

CO-ASESOR:

M. C. ALAN ANTONIO RICO BARRAGÁN

MISANTLA, VERACRUZ

ENERO, 2019



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: 17 de Enero de 2019.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS PROFESIONAL.

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

JOSÉ LUIS LIBREROS ALONSO

pasante de la carrera de INGENIERÍA BIOQUÍMICA con No. de Control 142T0105 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción **Titulación Integral (Tesis Profesional)**

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del **Tema** titulado:

“PROPUESTA DE PROCESO PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE TRES ESPECIES DE CÍTRICOS DE LA REGIÓN DE MISANTLA-MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ”

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo.



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE MISANTLA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: 17 de Enero de 2019.

ASUNTO: **AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS PROFESIONAL.**

A QUIEN CORRESPONDA:

Por medio de la presente hago constar que el (la) C:

MÓNICA PARRA OJEDA

pasante de la carrera de INGENIERÍA BIOQUÍMICA con No. de Control 142T0114 ha cumplido satisfactoriamente con lo estipulado por el **Manual de Procedimientos para la Obtención del Título Profesional de Licenciatura** bajo la opción Titulación Integral (Tesis Profesional)

Por tal motivo se **Autoriza** la impresión del Tema titulado:

“PROPUESTA DE PROCESO PARA EL APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE TRES ESPECIES DE CÍTRICOS DE LA REGIÓN DE MISANTLA-MARTÍNEZ DE LA TORRE, VERACRUZ”

Dándose un plazo no mayor de un mes de la expedición de la presente a la solicitud del Acto de Recepción para la obtención del Título Profesional.

ATENTAMENTE

ING. GERBACIO TLAXALO ESPINOZA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES



Archivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, por permitirme llegar hasta este punto en mi vida, en el cual puedo estar y disfrutar de mi familia la cual siempre ha confiado en mí, para lograr lo que me he propuesto y soñado, a los cuales les dedico este trabajo.

Primeramente agradezco a mis padres Hilda Alonso Ortiz y Heriberto Libreros Hernández, que me han apoyado en cualquier momento de mi vida, nunca me han dejado solo y sobre todo siempre han confiado en mí a pesar de los obstáculos que en la vida se me han presentado, que gracias a sus sabios consejos siempre me han impulsado a seguir adelante determinadamente. En especial quiero agradecer a mi madre por darme ese amor y cariño incondicional, que siempre con su amor ha ayudado a guiarme por el camino del bien y a ser responsable y a mi padre que gracias a su carácter me ha formado a ser una persona con buenos valores.

Agradezco a mis hermanos que siempre me han alentado a seguir adelante, con sus consejos y pláticas que gracias a eso formamos una buena unión la cual tenemos entre los cinco, gracias a mis padres.

Agradezco a todos los maestros que me impartieron clases, por poder brindarme conocimientos útiles para la carrera así como para la vida. En especial agradezco a mi asesor el Dr. Gustavo Martínez Castellanos, por poder brindarme la oportunidad de ser su asesorado, por su alta capacidad para guiarnos en este proyecto y poder ayudarnos en este proyecto para titulación.

José Luis Libreros Alonso

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a Dios por que sin él no podría estar en este momento y no me hubiera dado la oportunidad de realizar este trabajo.

Se lo dedico a mis padres por haber confiado en mí por querer seguir adelante, por quererme superar y estudiar esta carrera, por su infinito amor y comprensión.

A mis hermanos y sobrinos, por ser parte fundamental en mi vida, por tener ese impulso para poder seguir adelante.

A mis mejores amigos los cuales gracias a la gran amistad que me han mostrado he podido seguir adelante por poder darme aliento, y esperanzas a aspirar a ser alguien mejor y seguir adelante.

A mi asesor el Dr. Gustavo Martínez Castellanos por brindarme conocimiento útil para ponerlo en práctica del área de esta carrera e impulsarnos a realizar este tema para titulación y poder aconsejarnos y guiarnos para realizar un buen trabajo.

José Luis Libreros Alfonso

AGRADECIMIENTOS.

Le agradezco a Dios, por estar siempre conmigo en todo momento, por haberme guiado a lo largo de mi carrera y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, salud y felicidad.

A mis padres Miguel Parra Castaños y Matilde Ojeda Contreras, gracias por su apoyo, paciencia, comprensión y buenos consejos. Por darme una gran infancia, por la formación y educación que con mucho esfuerzo lograron darme. Gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí y en mis expectativas.

A mis hermanos, Yohalli, Violeta y Miguel, gracias por su apoyo incondicional y especialmente al gran ejemplo que me han brindado durante toda mi vida. Les agradezco no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino por la felicidad y diversas emociones que siempre me han causado.

A mi asesor de Tesis el Dr. Gustavo Martínez Castellanos, gracias por su paciencia y tiempo. Por sus correcciones y buenos consejos. También a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Bioquímica, gracias por sus enseñanzas a lo largo de estos cuatro años.

Mónica Parra Ojeda.

DEDICATORIAS.

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios, por guiarme y darme fuerza para continuar en este proceso que lo fue estudiar mi carrera profesional.

A mis padres, por su confianza, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. Por su motivación constante y valores que ha permitido que sea una persona de bien.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y brindándome apoyo, por ser, en su trabajo de hermanos mayores, grandes ejemplos a seguir, y motivarme día a día para no rendirme.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Mónica Parra Ojeda.

ÍNDICE DE CONTENIDO.

RESUMEN.	XIV
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos.	5
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Producción hortofrutícola en el estado de Veracruz.	6
2.2 Producción Citrícola.	7
2.2.1 Naranja valencia.	8
2.2.2 Limón persa.	11
2.2.3 Mandarina.	12
2.3 Procesamiento de cítricos.	14
2.4 Subproductos Citrícolas.	16
2.5 Industria juguera de cítricos.	18
2.6 Extracción de aceites esenciales.	20
2.6.1 Composición de aceites esenciales.	22
2.7 Pectinas.....	24
2.8 Estudios previos para la implementación de tecnologías en el proceso.	26
2.8.1 Diagramas de flujo.	27
2.8.2 Balance de materia.	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	29
3.1 Diagrama de Flujo.	29
3.2 Recolección de material vegetal.....	30

3.3 Selección del material vegetal.....	30
3.4 Lavado.....	32
3.5 Pelado.....	32
3.6 Cortado.....	35
3.7 Obtención de jugo.....	36
3.8 Pesado.....	38
3.9 Extracción de aceites esenciales.....	39
3.9.1 Separación de aceites.....	42
3.10 Extracción de pectinas.....	42
3.10.1 Inactivación de enzimas pécticas.....	43
3.10.2 Hidrólisis ácida.....	43
3.10.3 Filtración.....	44
3.10.4 Precipitación.....	45
3.10.5 Lavados con etanol.....	46
3.10.6 Secado.....	47
 CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	 48
4.2 Jugo.....	51
4.2.1 Rendimiento del jugo.....	52
4.2 Aceites esenciales.....	54
4.2.1 Rendimiento de aceites esenciales.....	55
4.3 Pectinas.....	57
4.3.1 Rendimiento de pectinas.....	58
4.4 Balance de Materia y Energía.....	59
4.5 Descripción del proceso en planta piloto.....	61
4.6 Equipos para planta de extracción de subproductos.....	68
4.7 Evaluación presupuestal del proyecto.....	77
 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 83
5.1 Conclusión.....	83

5.2 Recomendaciones.....	84
6. REFERENCIAS.....	85

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Composición fisicoquímica aproximada de la cáscara de naranja	23
Tabla 2. Se muestran los datos obtenidos de cáscaras de tres cítricos en tres corridas diferentes por cada cítrico.	49
Tabla 3. Datos obtenidos de los gajos en cada corrida para extracción de jugo. .	50
Tabla 4. Datos de bagazo pesado en cada corrida por triplicado de limón, mandarina y naranja.....	51
Tabla 5. Resultados de las extracciones de jugo, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.....	52
Tabla 6. Promedio en litros y kilogramos, junto con las densidades de cada uno de los respectivos jugos obtenidos.....	53
Tabla 7. Rendimientos obtenidos a partir de los promedios de las cantidades de jugo extraídas.....	54
Tabla 8. Resultados de las extracciones de aceite esencial, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.....	55
Tabla 9. Promedio en litros y kilogramos, junto con las densidades de cada uno de los respectivos aceites esenciales extraídos.....	56
Tabla 10. Rendimientos de los aceites esenciales obtenidos.....	57
Tabla 11. Resultados de las extracciones de pectinas, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.	58
Tabla 12. Rendimientos obtenidos a partir de la extracción de pectinas cítricas. .	59
Tabla 13. Suma de costos de equipos para inversión inicial de una planta de aprovechamiento integral.	78
Tabla 14. Análisis de mercado realizado, según precios en el mercado y se proponen precios para cada producto.....	79
Tabla 15. Valuación de la producción de acuerdo con lo obtenido en el balance de materia, el análisis de mercado y el tiempo de producción.....	81
Tabla 16. Producción hasta seis meses.	82

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Proceso actual de la comercialización de los cítricos.....	14
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para el aprovechamiento integral de cítricos. Elaboración propia	29
Figura 3. Limones persas seleccionados para someterlos a proceso.	31
Figura 4. Naranjas valencia seleccionadas antes de someter a proceso.	31
Figura 5. Cítricos siendo lavados.	32
Figura 6. Limón persa siendo pelado.	33
Figura 7. Pelado de cítricos.	34
Figura 8. Cortado de cáscara de cítricos.	35
Figura 9. Cáscara de naranja valencia cortada en dimensiones pequeñas.	36
Figura 10. Gajos de naranja antes de someterlos a extracción.....	37
Figura 11. Jugo cítrico almacenado en envases de polietileno herméticos.....	38
Figura 12. Equipo de destilación para la extracción de aceites esenciales.	40
Figura 13. Extracción de aceites esenciales de limón.	41
Figura 14. Preparación del medio ácido para la hidrólisis, con ácido cítrico.	44
Figura 15. Mezcla que se obtiene después de la hidrólisis, antes de ser filtrada.	45
Figura 16. Pectina siendo filtrada.	45
Figura 17. Pectina en etanol de 96° GL para su precipitación.....	46
Figura 18. Gel de pectina después de haber sido lavada, antes de su secado... ..	47
Figura 19. Diagrama de proceso y balance de materia para la extracción de jugo cítrico, aceites esenciales y pectinas. <i>Elaboración propia</i>	60
Figura 20. Diagrama de flujo de una planta piloto con capacidad de 10 kg de materia inicial, para la obtención de jugo, aceites esenciales y pectinas. <i>Elaboración propia</i>	62
Figura 21. Equipo de extracción de aceites esenciales.....	70
Figura 22. Partes del destilador extractor de aceites esenciales de tipo industrial.	70
Figura 23. Reactor de acero inoxidable de la marca tecnopack.....	71
Figura 24. Extractor de jugos cítricos industrial de acero inoxidable.	72
Figura 25. Peladora de cítricos de acero inoxidable grado alimenticio.....	72

Figura 26. Bomba de alto flujo de 1 hp de la marca Hydra.....	73
Figura 27. Bomba sumergible en agua con medio hp de fuerza.	73
Figura 28. Filtro prensa de placas para separación de flujos a presión.....	74
Figura 29. Horno de secado de convección forzada para el secado se pectinas.75	
Figura 30. Congelador para almacenar productos.	75
Figura 31. Mesa de selección y lavado de materia prima.....	76
Figura 32. Ollas de metal inoxidable de diferentes volúmenes.....	76
Figura 33. Contenedor de acero inoxidable enchaquetado.	77

RESUMEN.

El estado de Veracruz es rico en la producción de frutas y hortalizas, concentrándose más en la producción de cítricos ya que destaca a escala nacional en producción de naranja con más de dos mil toneladas, con lo que aporta cuatro de cada diez pesos por la venta de este cítrico. También es el principal estado productor de limón persa en México con un volumen anual de 558 mil toneladas, lo cual genera un valor de 1,484 millones de pesos aproximadamente, según estadísticas del año 2016. En primera instancia se puede destacar que, de forma local Martínez de la Torre es el mayor productor de limón en el país, contribuyendo con el 11% de la producción total (217 mil toneladas anuales). (SAGARPA, 2016)

Tomando estos datos como referencia se sabe que la producción (cosecha) no es del todo aprovechada, ya que alrededor del 40 al 60% de la producción de cítricos la contribuyen los frutos de calidad segunda y tercera. Es por eso que se deben proponer metodologías para aprovechar todos estos cítricos, que en ciertos casos son desperdiciados.

Una de las metodologías que se proponen es la extracción de jugo, aceites esenciales y pectinas; esto realizando un proceso conjunto. Si bien se sabe que los cítricos como limón persa, mandarina y naranja valencia tienen diferentes aplicaciones, estos tipos de frutos se pueden someter en un proceso similar, debido a que cuentan con los mismos componentes mayoritarios en su estructura.

Es por eso que de manera experimental y en el laboratorio, se realizaron las extracciones de subproductos de tres tipos de cítricos (limón persa, mandarina, y naranja valencia), obteniendo los rendimientos de los productos obtenidos y comparándolos con la bibliografía. También se propone estructurar una planta piloto de bajo costo con equipos útiles y sin costo elevado, para realizarla con una inversión accesible para productores.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1 Introducción.

En el estado de Veracruz, la zona norte, es considerada una zona rica en cítricos. En varios municipios de la zona y el estado, se realiza la venta de estos cítricos por diversos productores, los cuales son limón persa, naranja y mandarina, su principal destino es llevarse a exportación y venta en el país; el aprovechamiento para procesar estos cítricos puede ser en diferentes formas. En algunos casos la venta y compra de cítricos solamente se realiza por temporadas, ya que algunos de los cítricos producidos en la zona se pueden obtener solo por ciertos períodos. Uno de los cítricos más importante en la zona es el limón persa (*Citrus latifolia*), característico del municipio de Martínez de la Torre y la región centro-norte del estado de Veracruz.

Su producción es demasiado constante, prácticamente se tiene producción todo el año, así como también, la venta y compra de este cítrico. Siendo los meses de primavera y verano en los cuales existe mayor producción, la cual representa el 40% del total anual.

En el caso de la mandarina (*Citrus reticulata*) y naranja valencia (*Citrus sinensis*), estas son frutas de temporada, las cuales solo se cosechan en los meses de septiembre hasta diciembre, algunos casos hasta enero. La producción es demasiada basta, y en muchos casos de manera anual, se presenta un exceso de producción. En los tres casos de frutas, se presenta un exceso de producción, el cual se lleva al desaprovechamiento de la fruta.

Veracruz, destaca a escala nacional en producción de naranja con más de dos mil toneladas, con lo que aporta cuatro de cada diez pesos por la venta de este cítrico. También es el principal estado productor de limón persa en México con un volumen anual de 558 mil toneladas anuales lo cual genera un valor de 1,484 millones de pesos aproximadamente, según estadísticas del año 2016.

En primera instancia se puede destacar que, de forma local Martínez de la Torre es el mayor productor de limón en el país, contribuyendo con el 11% de la producción total (217 mil toneladas anuales). Otros municipios importantes a nivel nacional son: Tlapacoyan con el 3.2% y San Rafael con el 3% y Misantla con 1.2%. (Citricultura de Veracruz , 2010). De esta producción, se estima que un 70% es clasificado como limón que no clasifica para exportaciones y se queda en el país y tiene diferentes usos, por lo general es la producción más rezagada y la que menos se aprovecha en su totalidad.

Es ahí donde se pretende tomar materia prima la cual son cítricos producidos altamente en la región. La finalidad del aprovechamiento de estos cítricos nos lleva a la aplicación de estas materias primas en la industria alimentaria, ya que por lo general estos productos son utilizados para dar sabor, consistencia y entre otras propiedades a los alimentos.

1.2 Planteamiento del problema.

En el municipio de Martínez de la Torre y demás municipios colindantes se destacan por ser de los principales productores de cítricos en el estado de Veracruz. En primer lugar, se encuentra el limón persa, el cual es el cítrico más producido en la zona, gracias a esto el estado de Veracruz es la entidad federativa con mayor aporte de este fruto, teniendo el 80% de la producción total del limón que se cosecha en el país. En cuanto a la naranja valencia, aunque es un fruto de temporal, Veracruz se encuentra como el quinto productor de este cítrico, y como cuarto productor de mandarina.

Dentro de la producción de estos cítricos existe una clasificación en cuanto a las características de calidad de los frutos. Se clasifican en tres comúnmente llamadas de primera, segunda y tercera, esto quiere decir que, el mejor fruto tendrá un valor mayor, este es el que principalmente es ocupado para su exportación.

Actualmente existe un desaprovechamiento de estas dos últimas clasificaciones ya que, al no cumplir con el estándar, no son comercializadas o si lo llegan a ser estas tienen un costo muy bajo. Por lo cual es importante que estas sean procesadas para así evitar desperdicios de estos frutos que pueden seguir conteniendo componentes significativos para la extracción de productos a partir de las distintas partes del cítrico.

Por otra parte, en la actualidad existen proyectos reportados en los que estos procesos (extracción de jugo, aceites esenciales y pectinas) han sido estudiados sólo de manera separada, señalando diferentes formas para la extracción, pero sin un proceso acoplado, por lo que en el presente trabajo se plantea realizar un proceso unificado para las extracciones estudiadas.

1.3 Justificación.

Ante una cierta utilización de los derivados del limón, naranja y mandarina, resultados de algún método de procesamiento de la fruta, los productos obtenidos, pueden tener diferentes aplicaciones, entre ellos en la industria de los alimentos, así como también en la farmacéutica y médica. Un campo importante es el uso de estos como conservadores de forma natural para los alimentos. Ya que no solo pueden ser utilizados para dar sabor, ya que debido a la propiedad que puede tener sobre todo la cáscara del cítrico, pueden llevar a un buen aprovechamiento en la conservación de alimentos.

La producción de limón, naranja y mandarina es alta en el estado de Veracruz, por lo que es un producto el cual es fácil de encontrar por temporada en el caso de naranja y mandarina, y todo el año para el limón persa, por lo que se puede obtener materia prima fácilmente, para llevar a cabo su procesamiento; al presentarse ciertos porcentajes de producción, dependiendo la temporada.

En las extracciones que se mencionaron se aspira obtener como principales subproductos jugo, aceites esenciales y las pectinas, ya que estos pueden ser obtenidos de manera acoplada a partir de los desechos (cáscara y bagazo) que se obtienen a partir de la extracción de jugos.

Se propone realizar como alternativa el aprovechamiento de los frutos de segunda y tercera calidad que no cumplen el estándar para venta aprovechando así la extracción de los jugos, aceites esenciales y pectinas, de las tres variedades de cítricos como el limón persa, la mandarina y la naranja valencia, con el fin de generar un manejo integral del fruto en cuanto a la extracción de pectinas y aceites esenciales, debido a que estos hacen que al realizar un proceso de extracción conectado tenga beneficios como la optimización, el valor agregado de los productos, el aprovechamiento de los cítricos de esta clasificación y así como sugerir el proceso, debido a que la zona es representativa en la variedad de estos cítricos y actualmente no se ha implementado un proceso de este tipo.

1.4 Objetivos.

Objetivo general.

Establecer una propuesta de proceso de aprovechamiento integral de cítricos (limón persa, mandarina y naranja valencia) de segunda y tercera calidad de la región para evaluar los rendimientos en los procesos de extracción de subproductos (Volumen de jugo, aceites esenciales y pectinas).

Objetivos particulares.

- Revisar la literatura relacionada con el procesamiento de cítricos de la región (limón persa, naranja valencia y mandarina).
- Recolección y pretratamiento de los materiales vegetales.
- Establecer una propuesta de proceso de extracción de aceites esenciales.
- Evaluar el rendimiento de extracción de jugo del procedimiento propuesto.
- Establecer una propuesta de una metodología para la extracción de pectina.
- Proponer un proceso integrado para la extracción de los subproductos (jugo, aceites esenciales y pectina).

1.5 Hipótesis.

A través del estudio de las condiciones de extracción de aceites esenciales, pectinas y jugo de tres productos cítricos de la región de Misantla – Martínez de la Torre es posible establecer un proceso integral para el aprovechamiento de limón persa, naranja valencia y mandarina. Esta propuesta está basada en el estudio experimental de las condiciones de extracción de cada producto y será la base para el proceso de obtención de productos de alto valor agregado, así como podrá ser utilizado para calcular el rendimiento y rentabilidad teórica del proceso propuesto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

2.1 Producción hortofrutícola en el estado de Veracruz.

A nivel mundial, México es considerado como una industria competitiva en cuanto a la producción hortofrutícola se refiere, esto en gran parte se debe a la amplia variedad de climas que existen en el país lo cual a su vez permite obtener una gama de diferentes productos hortícolas a lo largo de las diferentes regiones. Esto debe considerarse con gran importancia debido a que aproximadamente una cuarta parte de la población mexicana vive en el medio rural y se dedica a la realización de actividades agrícolas.

Hoy en día el estado de Veracruz es considerado como una zona principalmente agrícola con un gran aporte al sector agropecuario del país. Cuenta con una superficie de 7.24 millones de hectáreas, lo que representa 3.7 % de la superficie total del país. Es uno de los estados de la República Mexicana con mayor riqueza natural y cuenta con prácticamente todos los ecosistemas. Su producción es alta y variada, ya que se cosechan diversos frutos entre los cuales se pueden destacar los cítricos como la naranja y limón y algunas frutas como plátano y piña, sin mencionar una gran cantidad de frutas de temporal. Así mismo es de los principales estados productores de caña de azúcar y maíz.

Las condiciones naturales de Veracruz dan lugar a las diferentes alternativas de producción agrícola que pueden ser emprendidas por sus productores. En este sentido, el potencial agrícola permite a los productores realizar su actividad en una gama de más de 110 cultivos diferentes en una superficie sembrada de 1.4 millones de hectáreas, que equivalen al 6.6% del total nacional en 2008. (SAGARPA, 2009) Hasta el año 2016, según cifras del INEGI, aproximadamente 559,017 terrenos son destinados a las actividades agrícolas en el estado.

Así, del total de su superficie, casi 2 millones de hectáreas (ha) (27.4 %) se dedican a la agricultura, 3.3 millones (45.7 %) a la ganadería, 1.3 millones (17.8 %) a la forestería y el resto (9.1 %) a otros usos. Además, ocupa el primer lugar del país como productor de caña de azúcar, arroz, chayote, naranja, piña, limón persa,

vainilla y hule; el segundo lugar en café, tabaco y papaya; y es un importante productor de maíz, frijol, pepino, sandía, mango, toronja y plátano. (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2017)

2.2 Producción Citrícola.

El género *Citrus*, cuyo término común es cítrico, designa las especies de grandes arbustos o arbolillos perennes (entre 5 y 15 m), cuyos frutos o frutas de la familia *Rutaceae* poseen un alto contenido en vitamina C y ácido cítrico, el cual les proporciona ese sabor ácido tan característico. Este género oriundo del Asia tropical y subtropical está conformado por tres especies y numerosos híbridos cultivados, incluyendo las frutas más ampliamente comercializadas, como el limón, la naranja, la lima, la toronja o pomelo. (Perez, 2015)

Debe mencionarse que unos de los principales frutos de alto consumo, así como también exportados en México son los cítricos, como la naranja, limón o mandarina. Pese a que son los frutos más producidos en el país cada uno es cosechado a diferentes cantidades; por ejemplo, según la SIAP México es el segundo exportador de limón a nivel mundial con 12.29% el valor de las exportaciones mundiales; la naranja fue el cultivo perenne con la mayor superficie sembrada en 2016, con 335,336 hectáreas, y México es el tercer productor mundial de toronja.

Durante los últimos años el estado de Veracruz se ha caracterizado por ser el principal productor de cítricos en el país, particularmente del limón persa. Siendo la zona de Martínez de la Torre-Tlapacoyan, en el estado de Veracruz, la cual se ha caracterizado por ser una de las principales zonas de producción de cítricos a nivel nacional, siendo los principales cultivos: Limón persa (*Citrus latifolia*), naranja valencia (*Citrus sinensis*), toronja (*Citrus paradisi*) var. doble roja y mandarina (*Citrus reticulata*) var. fremont.

Según la SAGARPA, en el año 2017 se reportó a México como el quinto productor mundial de naranja valencia, siendo el estado de Veracruz la principal entidad federativa en producir este fruto con un aporte del 44.5% del volumen total nacional. Mientras que su aporte en la producción de limón persa es de hasta 558 mil toneladas anuales lo cual genera un valor de 1,484 millones de pesos aproximadamente. El estado también lidera la producción de mandarina en el país, siendo este fruto el cuarto cítrico de la producción nacional.

De acuerdo a la NMX-FF-077-1996 el limón persa puede ser clasificado en tres grupos de acuerdo a las características morfológicas que presente, las cuales son Categoría Extra, Categoría Primera A y Categoría Primera B; sin embargo, comercialmente se les conoce o nombra como de primera, segunda y tercera.

Por otra parte, en cuanto respecta a la naranja su clasificación está regida por la norma NMX-FF-027-SCFI-2007 mientras que la toronja se rige por la norma NMX-FF-039-1995-SCFI; ambas normas clasifican a las frutas en calidades extra, primera y segunda. Mientras que para la mandarina no existe una normatividad como tal por lo que su calidad solo se clasifica como México Calidad Suprema.

Sin embargo, la mayor parte de la producción no llega a alcanzar los estándares de calidad especificados para ser frutos de exportación, por lo que una alternativa comúnmente usada es la comercialización nacional, en la cual el fruto se vende a precios menores, pero permite a los productores a no presentar tantas pérdidas, por otra parte, algunos productores prefieren simplemente no cosechar la fruta ya que consideran el gasto sería mayor a la cantidad ganada.

2.2.1 Naranja valencia.

Este fruto es denominado en la clasificación de cítricos el cual su nombre científico es *Citrus sinensis*. Es un hesperidio carnoso de cáscara más o menos gruesa y endurecida, presenta gajos o hoyuelos llenos de jugos, de los cuales algunos de sus componentes fisicoquímicos de los cuales puede decirse que son

ricos en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales. Existen numerosas variedades de naranjas, siendo la mayoría híbridos producidos a partir de las especies *Citrus maxima* (pamplémusa), *Citrus reticulata* (mandarina) y *Citrus médica* (cidro). (Hervalejo, Salguero, & Arenas, 2010)

Es uno de los cítricos más importantes e influyentes en la compra y venta de cítricos colocándose en el primer lugar en el comercio de cítricos en el país, siendo el estado de Veracruz uno de los principales, aunque también se pueden mencionar otros estados como Tabasco, San Luis Potosí, Tamaulipas, entre otros.

La naranja tiene muchas clasificaciones entre ellas se encuentran las naranjas de maduración temprano y naranjas de maduración tardías, en esta última se encuentra la naranja valencia. El árbol es vigoroso y productivo, con buen rango de adaptación y con tendencia a la alternancia; se recolecta a partir de enero y si hay humedad en el suelo, sus frutos pueden permanecer por varios meses en el árbol sin perder su calidad comercial, sus frutos son oblongo, de tamaño mediano a grande, prácticamente sin semillas, con elevado contenido de jugo, el cual es ligeramente ácido y con cualidades excelentes para poderse procesar. La fruta de floración de febrero-marzo, colorea amarillo claro; la de mayo y agosto son amarillo-verdosas, a la falta de temperaturas frescas durante su periodo de maduración son indispensables para que ello ocurra. Su vida de almacén es de 15 días.

Los arboles de naranja valencia Frost son vigorosos y productivos, son indistinguibles del naranjo “valencia” en la mayoría de los aspectos, por lo que se considera clon nuclear de este cultivo. La única diferencia con valencia es que son frutos que maduran tardíamente y logran sostenerse por más tiempo en el árbol. (inifap, 1998)

Es uno de los cultivos que ha crecido exponencialmente desde los años 60 hasta nuestros días, teniendo demasiado auge entre los 60 y 1994, debido al incentivo económico posterior a las heladas ocurridas en Florida y en el norte del país a principios de la década de 1980 (CONCITOVER, 1998)

La naranja es el cultivo que ocupa el primer lugar en cuanto a superficie y volumen de producción. El mercado doméstico tiene una alta preferencia por el consumo en fresco, dejando con poca oportunidad a la industria de captar mayores volúmenes para procesamiento. El factor que constituye esta tendencia es el precio, mientras que el mercado nacional paga de 400 hasta 900 pesos la tonelada promedio en la temporada, la industria no logró ofrecer más de 450 pesos por tonelada debido al arancel que hasta ahora paga por exportar el jugo extraído por la fruta procesada. (Citricultura de Veracruz , 2010)

Existen muchos factores los cuales hacen que no se tenga el suficiente interés en algunas ocasiones en producir este cítrico, debido a las pagas que se les dan a los productores al vender su producto, sin embargo, es necesario realizar diferentes acciones para que se tenga mayor interés, así como una mejor producción para vender y tener un buen trabajo remunerado. Algunas acciones que pueden realizarse tienen que ver con ver a la citricultura con una perspectiva empresarial donde se aumente el rendimiento por unidad de superficie y bajar los costos por tonelada producida, otra es aumentar el marketing de manera que se aumente el consumo interno del productor a nivel regional o nacional ya sea como fruta fresca o fruta procesada en subproductos que pueden generarse. (CONCITOVER, 1998)

En el año 2015 la producción de naranja en el país fue de más de cuatro millones de toneladas, esta cantidad ha sido la más alta registrada en los últimos diez años de producción. El estado de Veracruz aporta el 44 por ciento del total de producción anual en promedio, siguiéndole otros estados como Tamaulipas y San Luis Potosí. (SAGARPA, 2016)

Por último, cabe mencionar que el país se encuentra actualmente en el quinto lugar de exportadores en el mundo, según la SAGARPA en reportes recientes hechos en el año 2017.

2.2.2 Limón persa.

Denominado científicamente como *Citrus latifolia*, aunque comúnmente se le conoce como limón persa o limón sin semilla, obtiene también el nombre de lima Bearss, dicho nombre dado por el estadounidense John T. Bearss debido a que desarrollo esta categoría alrededor de los años de 1895 (Grayum, 2012). Dicho esto, es una de las causas por las cuales Estados Unidos es uno de los países a los que más se exporta el limón persa desde nuestro país.

En cuanto al fruto, este tiene alrededor de 6 a 7.5 cm de diámetro, los extremos son un poco puntiagudos y comercialmente se vende con color verde, pero al llegar a su madurez es de color amarillo. Su piel es gruesa y menos aromática que la lima acida, pero sin embargo presenta un olor muy característico, una de las ventajas frente a la anterior mencionada es que el limón persa presenta mayor tamaño, no tiene semillas, mayor resistencia a enfermedades, mayor duración en postcosecha y no presenta sabor ácido.

Particularmente, es uno de los cítricos más característicos del estado de Veracruz, debido a su clima tropical, el cual es uno de los mejores para cosechar este tipo de cítrico; siendo así su producción una de las más exponenciales para el estado y el país, dejando mucha más rentabilidad a los productores de dicho cítrico.

Uno de los cultivos más dinámicos lo representa el limón persa, ya que su tasa de crecimiento es de 24.21%, tan solo lo demuestran reportes desde 1996 hasta la actualidad. La comercialización de limón persa se realiza en fresco, que por sus características fisicoquímicas y consumo es un producto de exportación. Esta actividad se realiza a través de las empacadoras localizadas en los diferentes estados. Se prevé una tendencia de crecimiento para el corto plazo de esta agroindustria, pero dependerá de las modalidades instrumentadas en materia de producción, pues las nuevas restricciones están encaminadas a la inocuidad alimentaria. (Citricultura de Veracruz , 2010)

Este cítrico presenta diferentes categorías de selección al igual que cualquier fruta donde se clasifica en producción de primera calidad, segunda y tercera. El limón de primera calidad es el que se destina para exportación a Europa y Estados Unidos donde unos de los requerimientos son: coloración verde, diámetro de 5 cm (para Europa) y mayor de 5 cm (para E.U.), libre de plagas, sin llegar a su madurez fisiológica y sin manchas. El limón de segunda calidad es el que se destina para comercio local en las tiendas o centros comerciales de importancia y las normas de calidad para este producto son menos exigentes como lo son: diámetros mayores a cinco centímetros, libre de daños, tres cuartas partes de limón verde y no muy maduro. Uno de los también más comercializados, pero localmente son los de tercera calidad, los cuales sus requisitos son aun menores que los de la categoría de segundos, pidiendo diámetros no menores a 4 cm y libre de enfermedades y daños; por lo general el comercio de estos limones se da entre mayoristas, intermediarios de industrias procesadoras. Suele suceder que intermediarios e industrias compran el producto en el propio terreno del agricultor. (ANACAFÉ, 2013)

La producción nacional tan solo en el año 2016 fue de 2,439,477 toneladas de limón, cantidad 4.9% arriba de lo alcanzado en el año 2015. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017). Se sabe que México es uno de los países principales que producen limón persa, tanto así que actualmente se coloca en el segundo lugar a nivel mundial. El estado de Veracruz es uno de los principales productores a nivel nacional, gracias a su clima variado, la producción de limón para Veracruz en el periodo mencionado de 2016 según la SIAP ha sido de 717,014 toneladas aproximadamente, aportando gran parte del total producido junto con Michoacán y Oaxaca. (SIAP , 2017)

2.2.3 Mandarina.

De acuerdo con la literatura la mandarina recibe el nombre científico de *Citrus reticulata*, perteneciente al género de las rutáceas y del género citrus. (Frutas&hortalizas, 2017).

El fruto tiene diferentes variedades ya que se han creado diferentes cruces de este. Debido a su físico es un fruto muy parecido a la naranja, pero más pequeña y achatada en la base. En cuanto a la corteza del cítrico es lisa, brillante color rojo a naranja, a diferencia de la naranja, la mandarina es muy fácil de pelar incluso con las manos, por lo cual se ha ganado gran popularidad. Mide alrededor de 4-5 cm de longitud y 5-8 cm de diámetro.

Una de sus características es el olor que desprende, debido a que posee numerosas glándulas oleosas, que fácilmente se impregnan en las manos, dando paso al olor característico del cítrico. La pulpa es muy jugosa y se encuentra dividida en gajos que van de 10 a 15 por cítrico. (Frutas&hortalizas, 2017)

En cuanto al cultivo, el árbol de mandarina llega a medir entre 2 a 5 metros de altura, crece torcido y sin espinas. Entre las variedades se encuentran: Mandarina dancy, roja, reina y clementina. En la cosecha de mandarina, productores recomiendan que este proceso se realice con cuidado para evitar golpes, heridas o daños que afecten a la conservación. Para su comercialización se requiere que los cítricos sean enteros, tener la forma característica de la variedad, presentar cáliz, sanas libres de insectos y/o enfermedades, libres de humedades externas anormales producidas por el mal manejo, externas a cualquier olor o sabor extraño, deben presentar aspecto fresco y consistencias firmes y exentas de materiales extraños. (ANACAFÉ, 2014)

En México, la mandarina ocupa el cuarto lugar en la producción nacional pero junta con la tangerina representa al cultivo que genera mayor derrama económica dado que su manejo en fresco requiere de altos costos para su empaque y acarreo, el estado de Veracruz es el líder en la producción y rendimiento logrado por hectárea plantada con mandarinos en el país. Pero los mejores precios los logran Sinaloa y Tamaulipas. Este cultivo se vende en Fresco en su mayoría y solo una parte es entregada a la industria para su procesamiento. (Citricultura de Veracruz , 2010)

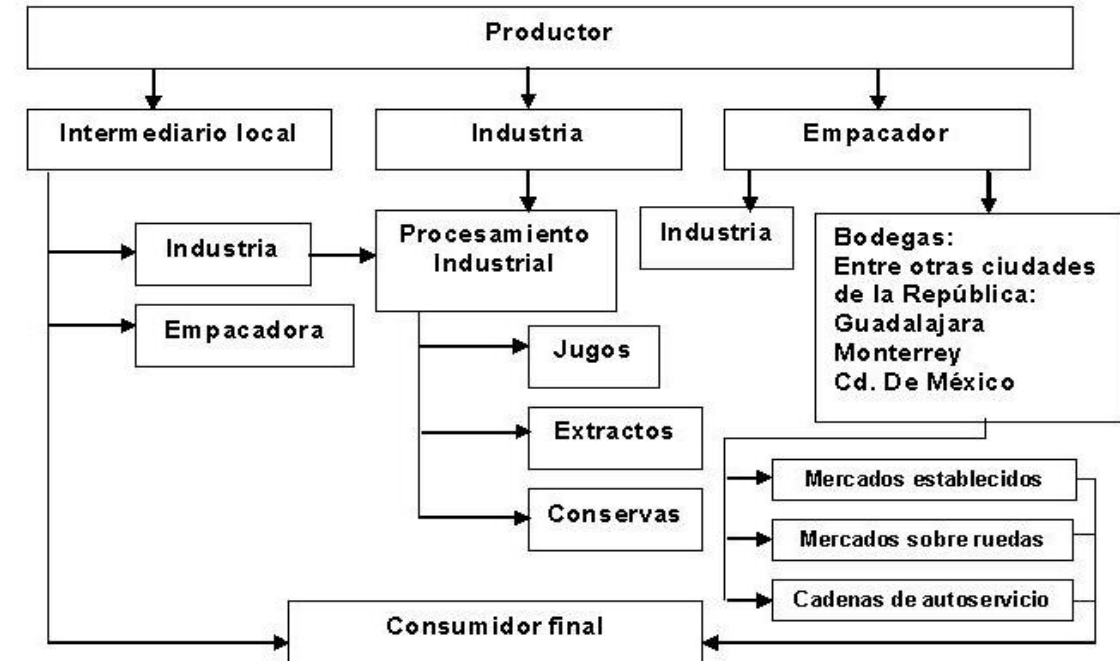
La producción anual de mandarina en 2016 fue de casi 270,000 toneladas, siendo los estados de Veracruz, Puebla y Nuevo León los principales productores de este fruto que se cosecha entre los meses de octubre y diciembre época durante

la cual ofrece mayor rendimiento y calidad (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017)

Actualmente este fruto lleva un alza importante en el país, acomodándose entre los principales junto a la naranja y limón, produciendo buenas ventas y rendimientos tanto a productores como a vendedores e industria, de la cual esta última ha creado muchos productos gracias a la mandarina.

2.3 Procesamiento de cítricos.

La cadena de procesamiento de cítricos contempla diversos productos que van desde el mismo producto en su fase primaria como lo son las naranjas, limones, mandarinas, toronjas, etc. recién cosechadas y comercializadas como tal en su estado de fruta fresca. O también puede incluir una vasta serie de productos ya industrializados como pueden ser jugos, concentrados, néctares, purés, pulpas, jaleas, mermeladas, aceites, esencias o incluso pellets para la alimentación animal.



Fuente: Elaboración propia, Universidad Autónoma Chapingo.
Elaboración: Lic. José Ramón Cárdenas Ramírez; Facilitador Nal. S.P.C

Figura 1. Proceso actual de la comercialización de los cítricos.

Actualmente el proceso de la comercialización de los cítricos puede cambiar conforme a la fruta o la variedad que se esté tratando, obviamente en el procesamiento de los cítricos como en el de cualquier producto hortofrutícola participan distintos intermediarios, como lo son las empacadoras, bodegas, centrales de abasto, bodegas, industrias, etc., todo eso antes de que el producto llegue a su consumidor final.

En el caso del limón persa, este es principalmente cosechado para su exportación en fresco, para esto es seleccionado de acuerdo a sus calidades siendo los frutos de calidad extra los que comúnmente son empacados para exportación. Las siguientes dos calidades pueden ser comercializadas para su venta nacional; muy poca de esta fruta es destinada para la industria para su procesamiento y obtención de jugos y otros subproductos.

Por otra parte, la naranja es comercializada como fruto fresco mayormente dentro del país, esto debido a que este fruto tiene una problemática provocada por la mosca de la fruta por lo que la mayor parte de la producción no tiene la calidad necesaria para ser exportada, sin embargo, la fruta clasificada como de segunda calidad es normalmente distribuida en centrales de abasto a lo largo del país. Mientras que las naranjas comúnmente llamadas terceras son consumidas por la industria, normalmente para la producción de jugos o gajos, así como los subproductos que se pueden extraer de ella. De esta forma se logra poder exportarla una vez ya procesada y convertida en diversos productos.

Otro cítrico importante es la mandarina, esta es vendida en centrales y comercios nacionales, normalmente no se exporta ya que requiere de altos costos para su manejo y distribución; además de que no existe una clasificación de calidad como tal para que su exportación sea permitida. Su venta es el fruto que se cosecha directamente del árbol, no existe una gran industria que se dedique a la producción de jugo u otros subproductos de este fruto.

Los procesos industriales a los cuales son sometidos los cítricos pueden dar como resultado productos como lo son los jugos, los aceites esenciales y la cáscara. Esta última, junto con el bagazo y las semillas son consideradas como un residuo

industrial y pueden llegar a representar hasta el 40-60% del peso de la materia prima. La utilización de este residuo es un requisito fundamental de la industria de procesamiento de frutas, no sólo por razones económicas, sino también para reducir el impacto ambiental grave que esto podría producir, sin embargo, no siempre se lleva a cabo. (Perez, 2015)

2.4 Subproductos Citrícolas.

Una de las ramas de la industria alimenticia que tiene mayor impacto es el procesamiento de frutos cítricos ya que son las que tienen mayor producción y consumo a nivel mundial debido a los jugos y néctares. La mayor parte implica la extracción del jugo, que representa más del 60% en la producción total de estos. Después los desechos que se tienen de la obtención del jugo son principalmente cáscara y bagazo, los cuales representan aproximadamente el 50% de la masa total del fruto. (Perez Najera VC., 2013) Por lo cual se necesita aprovechar estos residuos para crear subproductos que son derivados de los cítricos, los cuales pueden comercializarse en un amplio mercado, como el de los alimentos por ejemplo.

Los productos más producidos por la industria alimentaria son productos como jugos, concentrados, néctares, purés, pastas, pulpas, jaleas y mermeladas. Los subproductos que están presentes en la industria de los jugos está constituido por cáscaras, semillas, membranas y vesículas de jugo, representan aproximadamente el 50 por ciento del total de la fruta o cítrico entero. Estos subproductos restantes de la fruta original suelen utilizarse como nutrientes en alimentación animal, comercializados con el nombre de pellets (Jennifer P. Rojas, 2009)

Por lo general a cualquier cítrico se le puede realizar las mismas técnicas para obtener un subproducto como lo son los casos de la extracción de aceites esenciales, extracción de zumos o concentrados y la obtención de pectinas. Puede

ser realizado para diferentes cítricos, pero debido a sus características fisicoquímicas esto hace que se puedan manejar de forma similar.

El limón es una fruta que ha acompañado las comidas de los mexicanos desde hace siglos, y se ha aprovechado para obtener mayores beneficios al industrializarla. Los principales subproductos que se obtienen de ello son el jugo concentrado, la pectina (que se utiliza en la medicina), y las esencias y los aceites que se exportan a Estados Unidos, principalmente. (SIAP , 2017)

La mandarina se consume principalmente como fruta en fresco. A nivel industrial la mandarina se puede emplear para distintos productos derivados como el zumo, conservas como la mermelada o la confitura, para la elaboración de licor de mandarina extraído de la corteza, para la extracción de aceites esenciales utilizados para la fabricación de licores, en confitería y fabricación de bebidas refrescantes. Los jugos y zumos de la mandarina no son tan importantes en la industria, debidos a que se usa mucho más los de naranja puesto a que estos poseen mejores propiedades para estos usos.

Con el aceite de mandarina se elaboran cosméticos para proteger la piel y de forma natural disminuir las manchas solares, así como para evitar el envejecimiento prematuro y la aparición de arrugas.

Los aceites esenciales y las pectinas son productos que pueden ser obtenidos mediante un proceso el cual puede ir empalmado o no a partir de los residuos de un cítrico, por lo general a partir después de la extracción del jugo del fruto.

Los aceites esenciales se emplean para la elaboración de licores, perfumes, artículos de aseo, como enmascaradores de olores de pinturas y caucho, como materias primas para la elaboración de productos farmacéuticos entre otras aplicaciones más. (Jennifer P. Rojas, 2009) Es importante mencionar, el gran impacto que los aceites pueden llegar a tener en un mercado alimenticio y la capacidad que se tiene para producirlos a partir de los residuos y puntualizando que estos pueden tener un alto valor agregado, debido a la técnica que se utiliza.

Además, la corteza de cítricos como lo son los casos del limón, naranja y mandarina tienen una interesante composición nutricional e incluso aplicaciones en la industria farmacéutica por sus propiedades funcionales. Entre estos componentes funcionales cabe destacar los flavonoides de aplicación en la industria farmacéutica por su actividad biológica (acción preventiva de la fragilidad capilar); la pectina, que forma parte de la fibra dietética natural, de gran importancia en la dieta diaria para el adecuado funcionamiento del organismo; los carotenoides (colorantes naturales y provitamina A) y el d-limoneno, ambos con un importante papel preventivo en determinados tipos de cáncer. (Cháfer, Ortolá, & Chiralt, 2016)

En general los subproductos de los cítricos pueden abarcar muchas áreas de comercio, como lo son la alimenticia, farmacéutica, cosmética y química.

2.5 Industria juguera de cítricos.

Dentro de los últimos años la industria de los jugos y néctares ha tomado gran importancia económica en el sector de las conservas alimenticias. Esto se ve reflejado como tal en la aparición de una gran diversidad de productos, así como marcas y empresas que se dedican a ofrecer estos productos.

Cerca de 250 empresas productoras de jugos, néctares y concentrados procesan una gran variedad de frutas en México. Los productores principales son Jumex, con aproximadamente 31 por ciento del mercado; Del Valle con 24 por ciento; Boing/Pascual con 10 por ciento; Lala con 5 por ciento; Florida 7 con 4 por ciento; Valle Redondo con 2.4 por ciento y otras marcas con 17.2 por ciento. (Ramirez, 2011)

Según la NOM-173-SCFI-2009, el jugo de fruta se define como el producto líquido sin fermentar, pero fermentable obtenido al exprimir frutas en buen estado, debidamente maduras y frescas o frutas que se han mantenido en buen estado por procedimientos adecuados, inclusive por tratamientos de superficie aplicados después de la cosecha, clarificado o no, y sometido al tratamiento adecuado que

asegura su conservación en el envase. No debe contener corteza y semillas, ni materia extraña objetable.

Los jugos deben elaborarse con procesos de manera que las características organolépticas, químicas, y los nutrientes de la fruta se conserven, estos pueden tener añadidos pulpa y células, que en el caso de los cítricos son las envolturas del jugo obtenido del endocarpio, que se hayan obtenido mediante físicos durante la extracción del jugo.

La popularidad de los jugos cítricos se debe mayormente a su sabor agradable y refrescante, además de que los consumidores tienen conocimiento del beneficio nutritivo de la vitamina C, del ácido fólico y de la fibra dietética que contienen estos jugos. Los procesos de pasteurización y de concentración conservan la calidad del producto y su alto valor nutritivo. Mejoras continuas en la tecnología le han permitido a la industria superar la calidad y así tener jugos que se pueden conservar por más tiempo con un sabor muy parecido al de los jugos recién exprimidos.

La extracción del jugo de acuerdo al “principio de extracción de toda la fruta” es una tecnología en base a la cual se extrae más del 75 por ciento de la producción mundial de jugos cítricos. Este principio se basa en el diseño único de extractores de jugo dentro de la máquina. Los componentes interactúan de tal manera que pelan el cítrico y exprimen el zumo del cítrico pelado mediante un colador; todo, en un espacio de fracciones de segundo. El resultado es un jugo de una excelente calidad que está listo para ser empacado como jugo fresco o que puede seguir el ciclo del jugo de naranja concentrado y congelado. (Johnson, 2001)

Generalmente la fruta usada para la obtención de jugos, son cítricos de tercera calidad sin embargo toda fruta que no esté sana, es decir que presente daño mecánico o daño microbiológico, no puede ser usada por lo que debe ser apartada en un proceso de selección. Normalmente la fruta es sometida al azar a pruebas para determinar su nivel de madurez y cantidad de jugo, algunas de las pruebas que se hacen son la determinación de azúcar, acidez o grados Brix. Después de

estas pruebas, la fruta seleccionada debe pasar por un proceso limpieza, que incluye el lavado.

Después del lavado y selección, la fruta es clasificada según el tamaño y enviada a los extractores de jugo. El jugo extraído es transportado a los terminadores para separar el jugo de los sacos o segmentos de la fruta. El jugo que se obtiene puede ser centrifugado para reducir el nivel de pulpa y de defectos.

La recuperación de productos secundarios o derivados es un importante aspecto económico de las operaciones del procesamiento, y es particularmente adecuado cuando se procesa un gran volumen de fruta.

Los productos más importantes son el aceite de la cáscara, el aroma y el aceite de la esencia, las células congeladas de la pulpa, y los gránulos como alimento para el ganado. La recuperación de sólidos solubles del material de la pulpa, al que comúnmente se le denomina licor de pulpa, puede ser una fuente de sólidos de jugo para la producción de bebidas a base de jugo, que pueden constituir una segunda opción de consumo si los precios del jugo están a un nivel alto.

2.6 Extracción de aceites esenciales.

En gran parte los alimentos deben su sabor y olor a sustancias químicas que se encuentran presentes en cantidades muy pequeñas en ellos que dan pie a que se desarrollen diferentes rasgos organolépticos. Al haberse descubierto la destilación, se hizo posible separar los compuestos botánicos que como se menciona, están en partes por millón de sustancias o mezclas.

Los aceites esenciales son las fracciones líquidas volátiles, generalmente destilables por arrastre de vapor de agua, que contienen las sustancias responsables del aroma de las plantas y que son importantes en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica. (Cerutti & Neumayer, 2004)

Los aceites esenciales se clasifican en base a diferentes criterios como lo son consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios.

En cuanto a producción mundial según registros en el año 2003 se ha registrado que anualmente se producen 3600 toneladas de aceite esencial tan solo de limón, y este ocupa el segundo lugar después del aceite esencial de naranja dulce. La cáscara de cítricos contiene 0.4% de aceite esencial, este se encuentra en forma de sacos ovalados en el pericarpio o en la porción coloreada de la cáscara y actúa como barrera toxica natural contra varios microorganismos e insectos. Los frutos blandos generalmente dan menores rendimientos que los firmes, esto es debido a que, en los blandos, la ruptura de los sacos contenedores de aceite es ineficiente. (Cerutti & Neumayer, 2004)

En cuanto a los métodos de separación para la extracción de aceites esenciales, puede variar, uno de los más usados es la destilación por arrastre de vapor, el cual consiste en pasar vapor de agua a la fruta y por medio del calor de una temperatura a aproximadamente 90 grados, los compuestos volátiles sean arrastrados a un condensador o refrigerante para obtener aceites esenciales. También existen otros métodos, como lo es la obtención por prensado en frio, destilación con agua asistida con microondas, hidrodestilación y extracción con solventes.

La destilación por arrastre de vapor es el método más utilizado. Se genera vapor normalmente en un hervidor y luego se inyecta al destilador por donde pasa a través del material botánico. El principio básico de la destilación de dos líquidos heterogéneos, como el agua y un aceite esencial, es que cada uno ejerce su propia presión de vapor como si el otro componente estuviera ausente. Cuando las presiones de vapor combinadas alcanzan la presión del recinto, la mezcla hierve. Es ahí cuando los aceites esenciales con puntos de ebullición de hasta 300°C, evaporaran a temperaturas cercanas al punto de ebullición del agua. El vapor arrastra al compuesto principal de los cítricos, el D-Limoneno, a pesar de que este tenga un punto de ebullición más alto que el agua. El vapor y el aceite esencial son condensados y separados. (Cerutti & Neumayer, 2004)

La calidad del aceite esencial depende de factores que influyen sobre la composición como las condiciones del medio en donde se desarrolla el fruto, edad de la planta y estado fenológico, método de cultivo (uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etc.), época de recolección y el método de obtención de aceite. (Cardona, 2011). La obtención de un aceite esencial tiene que ver tanto desde el inicio de cómo se sembró el fruto hasta como se procesa industrialmente o a escala baja.

2.6.1 Composición de aceites esenciales.

Como existen diferentes cítricos, cada uno es característico y por lo cual cada uno tiene componentes en los cuales puede coincidir o no con otros, pero también tienen componentes que son importantes para ese tipo de cítrico, es decir algunos de los compuestos fisicoquímicos de la naranja varían mucho de los del limón, comenzando por la acidez o sólidos presentes en cada uno de estos. Por lo que a continuación se presentan las composiciones de aceites esenciales de los cítricos que se someterán a tratamiento. Los aceites esenciales generalmente son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden tener los siguientes compuestos químicos según su naturaleza.

Los aceites esenciales de limón persa (*Citrus latifolia*) contiene en primera instancia compuestos alifáticos de bajo peso molecular, estos incluyen alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos; después se encuentran otros en menos proporción como mono terpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos. En el caso del aceite de limón, este contiene aproximadamente 2% de sustancias no volátiles, de los cuales en la literatura se registran alrededor de 18 alcoholes, 16 aldehídos, 11 ésteres, 3 cetonas, 4 ácidos y 23 hidrocarburos. Los componentes mayoritarios en el aceite esencial extraído son:

- Limoneno con 63%
- Beta-pineno en 12%

- Gama-terpineno en 9%
- Otros componentes cualitativamente importantes son:
- 1,5 % geranial (aldehido)
- 1,0 % neral (limón) (aldehido)
- 0,5 % neril acetato (frutal, floral, rosa)
- 0,4 % geranil acetato (frutal, floral, rosa)
- 0,2 % citronelal (fuerte, cítrico, verde)
- 0,2 % linalol (brillante, lavanda) (monoterpeno aciclico)
- 0,1 % nonanal (fuerte)

Los hidrocarburos de terpenos, los cuales constituyen la mayor parte del aceite son insolubles en agua y susceptibles a oxidaciones. Para producir un aceite estable y soluble se llevan a cabo operaciones de extracción, concentración y deterpenización. (Cerutti & Neumayer, 2004)

Las características fisicoquímicas con respecto a acidez, y grados brix de la naranja son diferentes a las del limón, pero hasta cierto punto puede considerársele parecidas los tres cítricos principales (mandarina, limón, naranja), al tener los mismos compuestos volátiles en su mayoría.

Tabla 1. Composición fisicoquímica aproximada de la cáscara de naranja

Parámetro	Valor
Sólidos Solubles (°Brix)	7;1 ± 1;2
pH	3;93 ± 0;03
Total de acidez (g de ácido cítrico/100 mL)	0;29 ± 0;03
Índice de formol	34 ± 2;4
Humedad%	85;9 ± 1;6
Grasa% (DM)	1;55 ± 0;17
Ceniza% (DM)	3;29 ± 0;19
Proteína% (DM)	6;16 ± 0;23
Carbohidratos% (DM)	89;0 ± 1;1

Fibra soluble% (DM)	
Azucres Neutrales	3;8 ± 0;3
Ácido urónico	7;1 ± 0;9
Lignina	3;2 ± 0;4
Pectina% (DM)	17 ± 5

En la tabla anterior se pueden observar las cantidades de las propiedades fisicoquímicas, así como las cantidades aproximadas que representan a la cáscara de naranja, este estudio el cual se realizó de fruta seca arroja valores en porcentaje de los compuestos que pueden obtenerse como también es el caso de las pectinas, proceso subsecuente a la extracción de aceites esenciales.

Cabe mencionar que la cáscara de naranja y mandarina contienen limoneno al igual que el limón ya que este está presente en todos los cítricos y es el que tiene mucho más porcentaje presencial en la extracción de los aceites esenciales. (Cardona, 2011).

Este compuesto es el que da el característico olor de zumo de cada una de las frutas y al ser muy volátil se puede desprender muy rápidamente del fruto, situación que ocurre al momento de pelar la fruta. Por lo cual es muy importante realizar de manera adecuado el proceso de despulpe en la industria, ya que si no se realiza de manera correcta se podría perder un gran porcentaje de aceite esencial.

2.7 Pectinas.

En los últimos años los productos bionaturales han cobrado importancia debido a sus innumerables beneficios para la salud. Uno de estos productos es la pectina, que es un biopolímero constituido principalmente por ácido galacturónico, y que gracias a sus propiedades gelificantes y de absorción se emplea en la industria de los alimentos, cosmética y farmacéutica.

La pectina es el principal componente enlazante de la pared celular de los vegetales y frutas. Químicamente, es un polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, las que unidas constituyen el ácido poligalacturónico. La cadena principal que conforma la pectina puede contener regiones con muchas ramificaciones o cadenas laterales, denominadas “regiones densas”, y regiones con pocas cadenas laterales llamadas “regiones lisas”.

La pectina forma coloides por excelencia, ya que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua, pertenecen a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos de alto peso molecular y contienen largas cadenas formadas por unidades de 1,4- α -D-ácido galacturónico.

En las frutas, la mayoría de los grupos ácidos del ácido galacturónico están esterificados por metanol. Este metanol puede perderse con relativa facilidad por hidrólisis ácida o enzimática, dejando el grupo ácido libre. En función del porcentaje de restos de ácido galacturónico esterificado las pectinas se clasifican como de alto metoxilo cuando este porcentaje es superior al 65% y de bajo metoxilo cuando es inferior.

Para fines industriales, las fuentes de obtención de las pectinas se restringen principalmente a las cáscaras de los frutos cítricos que contienen entre 20-35%, al betabel o remolacha conteniendo de un 10-20% y pulpa de manzana (10-15%).

La pectina es ampliamente usada como ingrediente funcional en la industria de los alimentos y como fuente de fibra dietética, debido a su habilidad para formar geles acuosos. Los geles de pectina son importantes para crear o modificar la textura de mermeladas, jaleas, salsas, ketchup, mayonesas, confites; en la industria láctea para la fabricación de yogures con fruta y productos lácteos bajos en grasa, en la industria de bebidas dietéticas para la preparación de refrescos, debido a su bajo contenido de carbohidratos, por sus propiedades estabilizantes y por incrementar la viscosidad.

La pectina tiene efectos beneficiosos en la salud por ello, tiene importantes aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética. Es empleada como

ingrediente en preparaciones farmacéuticas como antidiarreicos, desintoxicantes y algunas drogas son encapsuladas con una película de pectina para proteger la mucosa gástrica y permitir que el componente activo se libere en la circulación de la sangre.

En la industria cosmética, la pectina es empleada en las formulaciones de pastas dentales, ungüentos, aceites, cremas, desodorantes, tónicos capilares, lociones de baño y champú, por sus propiedades suavizantes y estabilizantes.

También se le emplea en la producción de plásticos, así como en la fabricación de productos espumantes, como agentes de clarificación y aglutinantes, y como material para la absorción de contaminantes de efluentes industriales líquidos; lo que demuestra el potencial y las aplicaciones futuras que se esperan de la pectina.

Se estima que la producción mundial de pectina es de 35.000 toneladas por año. Los principales productores son Dinamarca, Holanda, Estados Unidos, Canadá, México, Suiza y Alemania.

2.8 Estudios previos para la implementación de tecnologías en el proceso.

Antes de realizar la implementación de tecnologías en el proceso es necesario realizar estudios previos los cuales sean necesarios para poder determinar la cantidad de equipos, la valuación y evaluación del proceso ya realizado en el laboratorio experimentalmente. Algunas de las fases por las que pasa un proyecto de distribución en planta son:

- Estudio de las necesidades: Es la determinación de lo que se requiere para corregir los problemas o conseguir nuevos objetivos.
- Distribución en planta a nivel de boceto: Esta fase determina los flujos básicos y la superficie de las principales áreas. Determina el espacio general

y la configuración de las principales áreas y las relaciones de proximidad, afinidades y el flujo principal entre estas áreas.

- Distribución en planta a nivel de detalle: Determinación de la localización específica de cada equipo e instalación dentro de la planta, incluyendo los sistemas auxiliares y servicios.
- Instalación: En esta fase se desarrollan las instrucciones de instalación, de acuerdo con las prescripciones especificadas en el Pliego de Condiciones.

Una vez estudiados los productos y materias primas, se pasará a analizar la tecnología e ingeniería de los procesos correspondientes, siguiendo los siguientes pasos:

- Descripción de las tecnologías e ingenierías y alternativas de proceso. Analizando en cada caso su influencia en la calidad del producto, balances de materiales y energía y estudio de formación de posibles subproductos.
- Evaluación aproximada de los costes en función de las tecnologías e ingenierías. Analizando costes tanto de materia prima como costes de mano de obra y energía, en función de las tecnologías e ingenierías aplicadas en el Sistema de Proceso y su incidencia en el precio final.

2.8.1 Diagramas de flujo.

Son muchos los tipos de diagramas de flujo de uso común. El objetivo de cualquier diagrama de flujo es presentar de forma gráfica y secuencial los principales aspectos de un proceso, de su tecnología, de su ingeniería, o de ambos.

La representación gráfica es útil para:

- Ayudar al diseño y a la disposición secuencial, de los equipos del sistema de proceso y de los sistemas auxiliares, mostrando con claridad la interrelación entre los distintos equipos.

- Proporcionar un esquema claro del proceso y de la planta para poder enfocar después el trabajo a los detalles de diseño de cada parte por separado.
- Ayudar a preparar una relación de los equipos necesarios y de los sistemas auxiliares, que sirve para hacer una estimación preliminar del costo de la planta de proceso.
- Proporcionar una base para estimar el tamaño del equipo necesario, permitiendo una primera evaluación de espacios.
- Permite hacer una estimación del personal necesario, así como instruirlo en el sistema de proceso y sistemas auxiliares en la fase de puesta en marcha de la instalación.

2.8.2 Balance de materia.

El balance de materiales de un proceso trata de expresar cuantitativamente todos los materiales que entran o salen de ese proceso. Normalmente, conviene preparar el balance de materiales en forma diagramática para evitar omisiones.

El balance de materia es necesario:

A nivel de ingeniería de detalle de una planta para poder diseñar hasta las operaciones más simples, tanto para calcular el tamaño del equipo como para considerar las interrelaciones entre los distintos equipos.

La representación diagramática del balance de materiales se puede realizar de distintas formas, aunque hay un cierto interés en normalizar estos diagramas.

Estos balances, cuando se determinan sobre un proceso en funcionamiento, expresan los valores medios de los caudales cuantificados durante suficiente cantidad de tiempo como para poder recoger las posibles fluctuaciones. (Vanaclocha, 2004)

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.

3.1 Diagrama de Flujo.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo del proceso de aprovechamiento integral de cítricos.

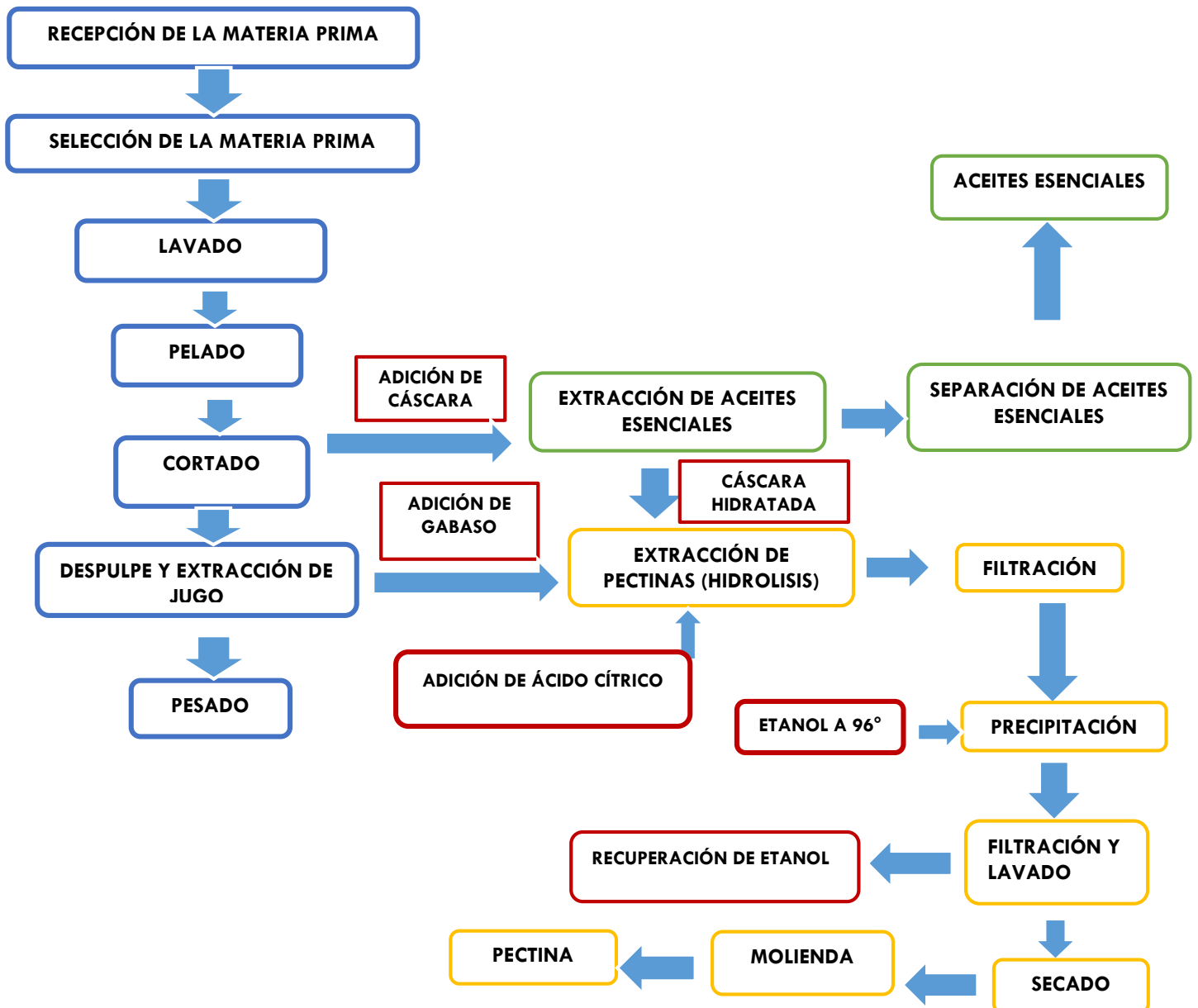


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso para el aprovechamiento integral de cítricos. Elaboración propia

3.2 Recolección de material vegetal.

Para la realización de este trabajo se utilizaron como material vegetal tres distintos tipos de cítricos que fueron limón persa, naranja valencia y mandarina, estos fueron conseguidos en la ciudad de Misantla donde se comercializan frutas de la región, y seguidamente llevados al Instituto Tecnológico Superior de Misantla, donde se trabajó en el área del Laboratorio de Ingeniería Bioquímica. Es importante mencionar que los frutos con los que se trabajó fueron de segunda o tercera calidad.

Los procesos, es decir la extracción de jugo y de aceite esencial de cada tipo de cítrico fueron realizados por triplicado, con excepción de la extracción de pectina que solo se llevó a cabo una vez por fruto.

Para cada ensayo realizado se ocupó un kilogramo de fruta, así de esta forma se pudo tener un seguimiento de cuanta cantidad de cáscara, bagazo, jugo, aceite esencial o pectina se obtiene por cada uno.

Debido a que los ensayos se realizaron por triplicado fueron necesarios tres kilogramos de limón persa, tres de naranja valencia y tres kilogramos de mandarina respectivamente, sin embargo, para comenzar a trabajar se recolectaron en promedio de 6 a 8 kilogramos de cada tipo de fruta, ya que estos pasan por una selección donde se eligen las frutas con las que se trabajarán.

3.3 Selección del material vegetal.

Debido a que se trabajó con frutas de segunda y tercera calidad, después de la recolección del material vegetal los cítricos fueron sometidos a una selección donde se eligieron los frutos que fueran adecuados para trabajar con ellos.

Aunque en este tipo de cítricos (segunda y tercera calidad) no se puede exigir cierto tamaño o color, se debe tener especial cuidado en que no presenten daño físico, como golpes o magulladuras que afecten o rompan la cáscara, también que

estén en un estado de madurez óptimo y no sobremadurados; que no presenten daño microbiológico como lo es la presencia de moho u otro tipo de hongos.

Durante este paso se separaron manualmente todos aquellos frutos que no cumplieran con las especificaciones antes mencionadas. De esta forma se obtuvieron los cítricos con los que se trabajó y estos fueron separados en grupos de 1 kilogramo.



Figura 3. Limones persas seleccionados para someterlos a proceso.

Al realizar la recolección se seleccionaron los mejores cítricos para someterse a proceso, en la imagen anterior se muestra el caso del limón persa que en general se busca que no tenga deterioro biológico.



Figura 4. Naranjas valencia seleccionadas antes de someter a proceso.

La selección se realizó en mesa amplia para poder escoger los mejores frutos los cuales pudieran dar un buen rendimiento en el proceso.

3.4 Lavado.

Esta es una operación en la cual se limpian los frutos que se usaran para procesar y obtener los subproductos de los cítricos estudiados. Se realiza de manera manual en un contenedor donde se ponen a flotar los frutos, se realiza con agua limpiar baja en impurezas, se puede agregar cloro en muy bajas concentraciones, se mantienen por un tiempo corto de 5 minutos aproximadamente, donde al finalizar se pasa una brocha o cepillo el cual realiza un suave tallado en los cítricos para quitar impurezas como lo son tierra y así poder quitar la mayoría de las bacterias presentes en los cítricos. Al finalizar el lavado, los cítricos se dirigen a la primera parte del proceso que es el pelado de cáscara.

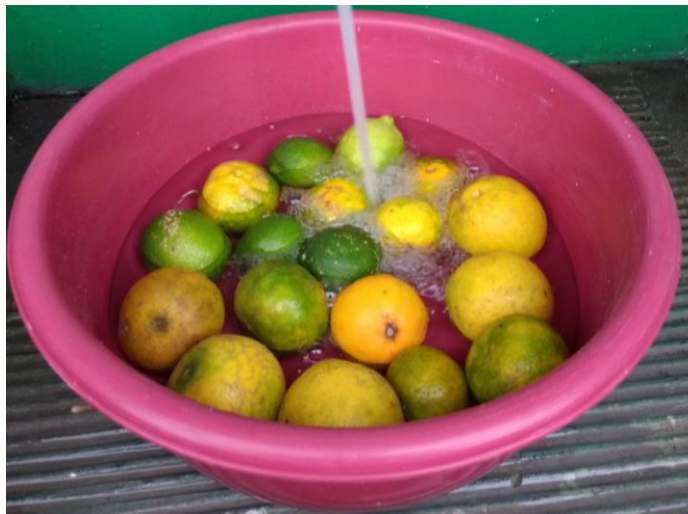


Figura 5. Cítricos siendo lavados.

3.5 Pelado.

Al tener los cítricos sin impurezas y libres de suciedades, estos se proceden a pelar, lo cual consiste en quitar la cáscara sin tener demasiado contacto con el

cítrico, debido a que el zumo que se puede desprender de cualquier cáscara de cítrico al realizar el pelado son sustancias volátiles que dan el olor y color a la fruta, las cuales son fundamentales para obtener los aceites esenciales, por lo cual no pueden ser desperdiciadas en la operación del pelado. Esta operación se debe realizar con una buena técnica, ya sea manual o mecánica, la cual no dañe la cáscara, dejando intacta la pulpa o gajos y quitando solamente cáscara y albedo.

El pelado se considera parte del pretratamiento, ya que junto con el cortado de la cáscara, estas dan paso a procesamiento para someterlas a extracción de aceites esenciales o bien en cada una de las técnicas para obtención de subproductos de los cítricos. El pretratamiento de cáscaras es sumamente importante, debido a que estas dan lugar a la extracción de aceites esenciales.



Figura 6. Limón persa siendo pelado.

En esta imagen se muestra como el albedo queda unido al flavedo, ambos para obtener más rendimiento en la extracción de aceites ya que de esta forma al pelar la fruta no se desprende mucho zumo, en comparación si se realizara con cuchillo solamente desprendiendo el flavedo.

La técnica que se utiliza para cortar cítricos puede ser dos, manual o mecánica. La primera que es la que se utilizó, la cual consiste en cortar el cítrico en cuatro partes, sobre una tabla para picar de madera o plástico con un cuchillo de cocina de tamaño promedio entre los 15 y 20 centímetros de largo, este fue

previamente afilado y lavado. Se corta el cítrico en la parte superior del fruto en la parte del pedúnculo (lugar donde se corta el cítrico cuando se cosecha), partiendo el cítrico en dos, después esas dos mitades se cortan de nuevo a lo largo, quedando cuatro partes similares cortadas con formas alargadas, hasta este momento el cítrico se encuentra cortado en cuatro teniendo cada parte cáscara y pulpa o también llamada gajos, como se muestra en la figura 1.

Después, se desprende con las manos los gajos de la cáscara, se debe hacer con mucho cuidado, no utilizando mucha fuerza y sin doblar la cáscara para no hacer salir el zumo, si llega a pasar esto la cáscara llega a perder partes de sus componentes esenciales.



Figura 7. Pelado de cítricos.

Como se observa en la figura, las cáscaras quedan separadas de los gajos haciendo que sea mucho más fácil que se realice el corte de esta en partes mucho más pequeñas.

También se pueden ocupar otras técnicas a nivel industrial en las cuales la fruta es colocada en una maquina donde con cuchillas quitan la cáscara dejando los gajos expuestos, y sobre todo es utilizada a nivel industrial.

3.6 Cortado.

Después del pelado, las cáscaras que se han obtenido de la operación anterior, son cortadas de manera manual con cuchillos limpios y afilados en los cuales se pretende reducir el tamaño de las cáscaras.



Figura 8. Cortado de cáscara de cítricos.

En la bibliografía consultada se ha publicado que el tamaño de partícula es importante a considerar, en algunos se referencia que el tamaño óptimo para extracción es de 2 cm^2 (Perez Najera VC., 2013), aunque cabe señalar que este dato es usado para cáscara que ya ha sido procesada anteriormente, siendo mucho más fácil comprimir. Por otra parte, en evaluación de un proceso integral se señala que la superficie de contacto es de 4 cm^2 (Cardona, 2011), dicho dato fue con el cual fue guiada la investigación. Por lo que se muestra en la figura anterior las dimensiones del cortado de cáscara de limón persa.

En cuanto al proceso, primero la cáscara es puesta en la tabla para cortarse, con el cuchillo se va cortando en tiras de 1 cm de ancho para después cortar a 4 cm de largo toda la cáscara como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Cáscara de naranja valencia cortada en dimensiones pequeñas.

Como se menciona, las cáscaras necesitan ser cortadas en proporciones mucho más pequeñas para poder tener una buena interacción de contacto cuando son destiladas y tener así un mejor rendimiento. La materia inicial pelada es cortada y después almacenada en charolas de aluminio para después someterlas a la extracción de aceites esenciales.

3.7 Obtención de jugo.

Al realizar la operación de pelado quedan expuestos los gajos del fruto los cuales cuentan con gran porcentaje de agua dulce o también denominado jugo, que abarca el mayor porcentaje del fruto; estos gajos quedan separados de la cáscara, siendo el albedo el que queda junto con los gajos, es mucho más evidentes en naranjas y limones, al mostrarse una capa blanca y un poco gruesa pegada a los gajos.

Los gajos son puestos en charolas de aluminio de forma temporal para después extraer el jugo de los gajos, al realizar la extracción los gajos se convierten en bagazo, siendo un desperdicio secundario, el cual después se utiliza en la

extracción de pectinas, haciendo así el proceso integral al aprovecharse en su totalidad el fruto. El gajo en los cítricos conforma alrededor del 80% de la masa total de cada fruto, como se muestra la siguiente figura en la cual se encuentran los gajos sin ser sometidos a extracción.

El procedimiento para la extracción del jugo se realizó de manera manual, con un extractor de jugos manual y un recipiente contenedor hermético de polietileno con tapa del mismo material. Para lo cual los gajos de los cítricos se colocaron en el extractor, mientras el jugo es extraído y se almacenó en el recipiente antes mencionado, cada porción de jugo extraído fue clasificado por cítrico (mandarina, limón y naranja), al haberse realizado la acción, el jugo extraído es filtrado para separar las semillas del fruto dentro del jugo, enseguida de esto fue medido con una probeta de 500 ml. El fin de medir el jugo extraído es para tener el control de cuantos litros o mililitros son obtenidos por cada kilo de fruta recibida para el proceso, así como también tener una buena relación en el balance de materia y estadística de la obtención de jugo de cada tipo de cítrico.



Figura 10. Gajos de naranja antes de someterlos a extracción.

El almacenamiento del jugo se realizó en recipientes transparentes de polietileno herméticos de una capacidad de hasta 1 litro, siendo refrigerados a una temperatura de 10°C, para la buena conservación del jugo por varios días.

El residuo en este procedimiento es el bagazo el cual se almacena en recipientes de polietileno. Al realizar este procedimiento, los restos de bagazo son envasados en recipientes de polietileno herméticos, puestos en refrigeración a 10°C, de manera temporal para después ser procesados para la extracción de pectinas.



Figura 11. Jugo cítrico almacenado en envases de polietileno herméticos.

En la figura anterior se muestra el jugo extraído de un kilogramo de fruta cítrica, siendo almacenado en recipientes herméticos y rotulados antes de someterlos a refrigeración.

3.8 Pesado.

En este sencillo paso se realiza una operación la cual arroja datos los cuales ayudarán para poder realizar un balance de materia y datos estadísticos con relación a cada una de las partes del cítrico las cuales son indispensables para iniciar cierto proceso. Hasta este punto se ha extraído solamente el jugo de cada variedad de cítrico, así como también todos los remanentes indispensables para los procesos como la extracción de aceites esenciales y pectinas.

En esta sección de cada variedad de cítricos se pesaron:

- Cáscaras
- Gajos

- Jugo
- Bagazo

Como se menciona, los datos de cada uno de estos remanentes son importantes para obtener el balance de materia de cada entrada de los procesos. De manera estadística estos datos son importantes para poder calcular el rendimiento los subproductos obtenidos.

3.9 Extracción de aceites esenciales.

La extracción de aceites esenciales es el primer procedimiento que requiere de un proceso adecuado y cuidado con diferentes parámetros como la temperatura, tiempo y volumen de material orgánico a extraer, así como el de material extraído. Para la extracción de los AE se llevó a cabo la técnica de arrastre por vapor con un equipo de destilación convencional de laboratorio; en esta técnica se genera vapor normalmente en un hervidor (matraz Erlenmeyer de 500ml.) y luego se inyecta al destilador por donde pasa a través del material botánico el cual está contenido en un matraz Erlenmeyer de capacidad de 500ml con un poco de agua junto a la materia botánica; se realiza el principio básico de la destilación de dos líquidos heterogéneos, como el agua y un aceite esencial, y esto implica que cada uno ejerce su propia presión de vapor como si el otro componente estuviera ausente.



Figura 12. Equipo de destilación para la extracción de aceites esenciales.

La inyección de vapor se realizó a través de tubos de cristal, de estos tubos se utilizaron dos, el primero inyectó el vapor del matraz hirviente con agua al matraz con materia botánica, este tiene forma de U con una longitud de 15x8x10 cm, el segundo tubo inyector va colocado del matraz de la muestra botánica al condensador, es de forma en L y mide de 10x10 cm como se muestra en la figura anterior.

El calentamiento de agua para generar vapor e inyectarlo al material botánico, se lleva a cabo en un matraz Erlenmeyer de 500 ml, donde contiene 400 ml de agua destilada y es calentado con un mechero tipo bunsen, donde se deja calentando hasta que llegue a los 90°C. La extracción se da por comenzada en el momento en que se enciende el mechero.

La cáscara de la fruta fue puesta en el matraz continuo con un poco de agua para que la cáscara no quede pegada al matraz por el calor inyectado, al inyectarse vapor este baja del primer matraz al segundo extrayendo los compuestos volátiles de la cáscara puesta a extracción, los compuestos volátiles son arrastrados por el vapor y pasan al segundo inyector de cristal que es conectado al condensador.



Figura 13. Extracción de aceites esenciales de limón.

En la imagen anterior se puede observar que en el segundo matraz la carga vegetal (cáscara) la cual al calentarse con el vapor del matraz contiguo hace que se desprendan los compuestos volátiles y pasen al condensador por medio del tubo conector de cristal.

El sistema de condensación utilizado fue realizado con un tubo refrigerante de tipo recto o refrigerante Liebig, este fue conectado por dos mangueras que inyectaron agua fría de 0 a 2°C aproximadamente, el agua fue bombeada desde una tina hacia el refrigerante, esto con ayuda de una bomba sumergible. Es importante monitorear la temperatura del agua ya que entre mucho más helada sea el agua, los aceites esenciales se condensan mucho mejor, se volatilizan menos y se obtiene más aceite esencial.

La extracción se detuvo hasta que se acumularan entre 150 y 200 mililitros. Este líquido resultante está combinado en dos fases líquida y orgánica la cual será posteriormente separada. El color de la fase orgánica es transparente en los tres casos de los cítricos estudiados, el olor es característico en cada uno de los aceites extraídos, presentándose mucho más el olor en el caso del limón y mandarina ya que son los que al estar frescos presentan mucho más olor. La fase líquida es solamente agua que puede o no contener mucho aceite esencial disuelto en ella.

3.9.1 Separación de aceites.

La separación de la fase acuosa de la fase orgánica es una de las partes más complejas ya que se busca que quede gran parte del aceite esencial sin agua en el aceite y quede casi integro el aceite.

Por medio de la decantación, fue posible separar la fase líquida de la orgánica, poniendo en el embudo de separación de capacidad de 500 ml la mezcla o extracto obtenido de la extracción de la cáscara de cítrico. El tiempo puesto a decantación fue de un máximo de 30 minutos, después de este tiempo, el aceite esencial fue puesto en frascos ámbar de un volumen de 150ml en donde se almacena la fase orgánica, tomando en cuenta que es lo máximo que se puede recuperar debido a que puede contener fase acuosa aún. Después de ser almacenado el aceite obtenido es sometido a deshidratación con sulfato de sodio anhidro en proporciones bajas para deshidratar el aceite esencial. Dicha adición requiere ser hecha en agitación por 5 minutos.

Al final se obtiene el aceite esencial deshidratado, este aceite es almacenado en frascos con gotero de una capacidad de 10ml, son rotulados y almacenados en lugares frescos a temperatura ambiente.

3.10 Extracción de pectinas.

Para la obtención de la pectina esta se realizó con el material vegetal de desecho que se encuentra después del resto del procesamiento de los cítricos, es decir la extracción de jugo y A.E.

En la extracción de pectinas se ocuparon las cáscaras de limón, naranja y mandarina obtenidas después de la extracción de A.E. estas cáscaras deben ser ocupadas inmediatamente después de la extracción del A.E. para así evitar el crecimiento de hongos o levaduras.

En cuanto a los desechos de la obtención de jugo se ocuparon los bagazos que quedan de esta, ya que en ellos se encuentra parte del albedo de los cítricos parte de la cual se pueden extraer también pectinas.

3.10.1 Inactivación de enzimas pécticas.

Con el propósito de hacer más eficiente el proceso de extracción es necesario inactivar las enzimas pécticas, poniendo la materia prima en agua, con concentraciones cercanas a 300 gramos por litro y calentando hasta ebullición. La solución heterogénea se decanta el agua, y la materia orgánica queda lista para la hidrólisis. (Pineda, 2003)

Debido a que se realizó un proceso integral, la inactivación de las enzimas pécticas fue realizada a la par de la extracción de los aceites esenciales ya que al extraer estos de las cáscaras de los cítricos, estas mismas fueron sometidos a una ebullición en ese proceso, por lo que al terminar la extracción de los aceites esenciales las cáscaras estuvieron listas para proceder con hidrólisis.

3.10.2 Hidrólisis ácida.

La hidrólisis de la cáscara se realiza con agua acidulada, la cual debe tener un pH de entre 2.5 y 3. Para llegar a este pH se realizó una solución de ácido cítrico al 10% después se añadieron 100 ml de esta solución a 500ml de agua. Esta preparación se realizó para cada una de las muestras de las cáscaras húmedas obtenidas después de la extracción de aceite esencial.

El pH se mantuvo a 2.8, el tiempo de hidrólisis fue de 60 minutos y a una temperatura constante de 80°C. (Ceron Salazar & Cardona Alzate, 2011) Cabe mencionar que los 60° minutos comienzan a contarse una vez que la mezcla a alcanzado los 80°C, durante todo el tiempo de calentamiento se mantuvo en

agitación para así evitar que el material solido se deposite en el fondo del recipiente en que se realiza la hidrólisis.

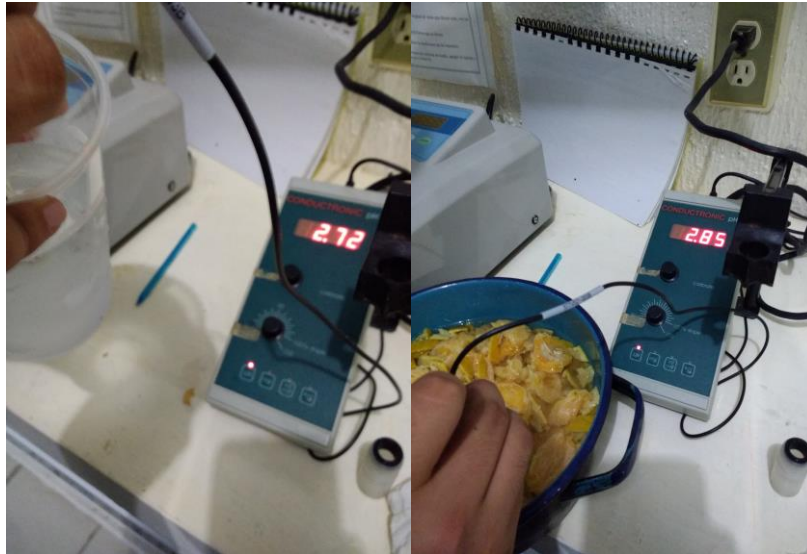


Figura 14. Preparación del medio ácido para la hidrólisis, con ácido cítrico.

3.10.3 Filtración.

Después de la hidrólisis la solución que se obtuvo fue filtrada para así separar las dos fases que esta contenía. Una vez que se suspende la agitación, se filtra la solución con ayuda de un filtro de tela, para separar el material sólido y la solución líquida. (Pineda, 2003) Esta filtración se hizo pasando la solución por un filtro de tela que se realizó con manta de cielo, en esta el material solido que son las cáscaras y el bagazo fueron atrapados para después ser desechados, mientras que en un recipiente de plástico se recibió el extracto obtenido.



Figura 15. Mezcla que se obtiene después de la hidrólisis, antes de ser filtrada.



Figura 16. Pectina siendo filtrada.

3.10.4 Precipitación.

En la etapa de precipitación de las pectinas se pueden emplear sales o alcoholes. Se prefieren estos últimos porque como las pectinas se usan en la industria de los alimentos se deben evitar residuos, mientras que con las sales es necesario un lavado muy cuidadoso para retirar todo residuo. (Pineda, 2003)

La precipitación se puede realizar con diversos alcoholes como etanol puro, comercial, metanol o isopropanol, así como también con sales de aluminio; sin embargo, estudios han reportado que no existe mayor diferencia en los rendimientos entre cada uno de ellos, debido a esto se decidió ocupar etanol comercial de 96° GL, por menor costo y la facilidad de encontrarlo en el mercado local.



Figura 17. Pectina en etanol de 96° GL para su precipitación.

Para efectuar la precipitación de la pectina se añadió 60% de etanol de 96° GL de acuerdo con la cantidad de extracto a precipitar. Esta mezcla se dejó reposar en un recipiente de plástico, durante 24 horas a temperatura ambiente.

3.10.5 Lavados con etanol.

Después de las 24 horas, la mezcla en la que la pectina se precipito se filtra a través de un filtro de manta de cielo para así separar el alcohol del gel de la pectina precipitada.

Cuando ya sea realizado este filtrado, el gel obtenido se continuó lavando con etanol de 96° GL para que así este continuara precipitando. Estos lavados se dejan de hacer hasta que el etanol y el gel se hayan separado completamente.



Figura 18. Gel de pectina después de haber sido lavada, antes de su secado.

3.10.6 Secado.

Esta parte se realizó para así deshidratar la pectina y esta tuviera un aspecto más fácil de manejar y almacenar. El proceso de secado de la pectina se realiza a baja temperatura (40° C) en una corriente de aire caliente, por unas doce horas, o al aire libre durante varios días. (Pineda, 2003)

El secado se realizó en una estufa de flujo laminar, en la que se colocó las muestras de pectina en charolas de aluminio y se dejaron durante 12 horas a una temperatura de 40°C. Después de este tiempo la pectina disminuyó en peso, mientras que su color pasó a ser café.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Durante la realización del presente trabajo se llevaron a cabo pruebas durante los meses de octubre y noviembre del año 2017, en estas se hicieron la extracción de jugo, aceites esenciales y pectinas. Estas pruebas se llevaron a cabo para el limón persa, naranja valencia y mandarina, por triplicado respectivamente a cada cítrico. Después de la obtención de los resultados se sacaron promedios y rendimientos de la extracción de cada uno de estos cítricos con el propósito de saber cuál de estos tiene el mejor rendimiento en el proceso obtenido. Así como también implementar el balance de materia basándose en las pruebas y resultados a nivel laboratorio.

4.1 Materia obtenida.

Al realizar los pesajes de los residuos de las operaciones primarias en el proceso, se obtienen materias como lo son cáscaras, gajos y bagazo; las cuales dan pie a que se puedan realizar los subproductos como los son jugo, aceites esenciales y pectinas. Estos datos son importantes para realizar los cálculos de rendimientos en los procesos. Se realizaron 3 simulaciones por fruto, lo que arrojó un promedio, el cual es utilizado al realizar el rendimiento promedio de cada fruta.

- **Cáscara.**

Tabla 2. Se muestran los datos obtenidos de cáscaras de tres cítricos en tres corridas diferentes por cada cítrico.

CÍTRICO (1 KG)	CÁSCARA (KG)	PROMEDIO (KG)
LIMÓN	0.1950	0.2166
	0.2200	
	0.2350	
MANDARINA	0.2000	0.1900
	0.1750	
	0.1950	
NARANJA	0.2000	0.2180
	0.2190	
	0.2350	

Los resultados expuestos en la tabla 2 fueron tomados a partir de corridas individuales realizadas por triplicado, en las cuales se tomó un kilogramo de fruta por cada variedad de cítrico, las cáscaras son la materia principal para el proceso de aceites esenciales, con estos pesos se puede obtener el rendimiento del proceso realizado de extracción de aceites esenciales de los cítricos descritos en la tabla.

Fue calculado el promedio para poder realizar un análisis general del rendimiento del proceso, así como también de los mililitros de aceites obtenidos. El promedio de las cáscaras representa la carga vegetal de la que se obtendrá el rendimiento del proceso.

- **Gajos.**

Como se ha mencionado los gajos se obtienen al retirar la cáscara del fruto, en estos se concentra en su mayoría el jugo de la fruta y partes fibrosas en las cuales se concentra el jugo de manera encapsulada.

Tabla 3. Datos obtenidos de los gajos en cada corrida para extracción de jugo.

CITRICO (1 KG)	GAJOS (KG)	PROMEDIO (KG)
LIMÓN	0.8050	0.7833
	0.7800	
	0.7650	
MANDARINA	0.8000	0.8100
	0.8250	
	0.8050	
NARANJA	0.8000	0.7820
	0.7810	
	0.7650	

En los datos anteriores se puede mencionar que al igual para la cáscara cada corrida fue realizada con un kilogramo de fruta fresca y lavada. También como se ha mencionado en la literatura los gajos aportan entre el 70- 80% de la fruta total. Se puede observar que en donde el gajo conforma la mayor parte del peso, es en la mandarina ya que aporta el 80% al registrarse entre 0.8 y 0.825 kg del total de un kilogramo de fruta inicialmente. De estos datos fue importante obtener el promedio para poder obtener de manera general el rendimiento del proceso por cada tipo de cítrico.

- **Bagazo.**

Al extraer el jugo cítrico a los gajos quedan partes fibrosas en las que la mayoría cuentan con albedo y capsulas donde estaba contenido el jugo, estos desechos se les llama bagazo y estas son parte fundamental para poder realizar el proceso de extracción de pectinas, debido a que estos residuos pueden tener propiedades gelificantes con un buen tratamiento. Para lo cual en esta sección es importante saber cuál es la materia prima inicial para saber el peso de carga vegetal principal en el proceso.

Tabla 4. Datos de bagazo pesado en cada corrida por triplicado de limón, mandarina y naranja.

CITRICO (1 KG)	BAGAZO (KG)	PROMEDIO (KG)
LIMÓN	0.4650	0.4666
	0.4650	
	0.4700	
MANDARINA	0.4400	0.4216
	0.4050	
	0.4200	
NARANJA	0.4000	0.3783
	0.3700	
	0.3650	

De acuerdo con la tabla anterior se muestran los datos pesados del bagazo obtenidos en cada una de las pruebas de extracción de jugo realizadas, de acuerdo con los datos se puede decir que el bagazo representa entre un 35 y 45% de la fruta inicial o de la fruta fresca completa. En cítricos como el limón persa se puede notar que el bagazo representa mucha más fracción ya que en las tres corridas los datos se encuentran entre los 0.47 y 0.465 kg de bagazo en comparación con la mandarina y la naranja valencia, y que esta última es en la que hay menor cantidad de bagazo al presentar datos de 0.4 a 0.365 kg de desecho. Los promedios fueron calculados con la finalidad de representar una parte de la carga vegetal ya que el bagazo junto con la cáscara después de procesar son los elementos primarios para obtener el gel de pectina.

4.2 Jugo.

El proceso de la extracción de jugo fue realizado a partir de 1 kilogramo de fruta, la extracción del jugo fue realizada manualmente como se explica en el capítulo 3, y almacenada en recipientes de plástico de 500 ml de capacidad. El

tiempo de extracción del jugo de 1 kilogramo de cítrico fue de entre 15 y 20 minutos. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 5. Resultados de las extracciones de jugo, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.

FRUTA	JUGO (LITROS)	PROMEDIO (LITROS)
LIMÓN PERSA	0.2200	0.2366
	0.2400	
	0.2500	
MANDARINA	0.3200	0.3160
	0.3000	
	0.3280	
NARANJA VALENCIA	0.3500	0.3613
	0.3400	
	0.3940	

De acuerdo con la tabla anterior, se puede observar que la cantidad de jugo extraída de los cítricos es muy parecida entre los mismos tipos de cítricos, y también entre los tres distintos frutos. La cantidad menor de jugo obtenida fue de 0.220 litros por kilogramo de limón persa, mientras que la mayor cantidad fue de 0.394 litros para la naranja valencia. En promedio del limón persa se obtuvieron 0.236 litros de jugo, para la mandarina fueron 0.316 litros y para la naranja valencia 0.361 litros. Siendo este último fruto del que se obtuvo mayor cantidad de jugo.

4.2.1 Rendimiento del jugo.

Para la obtención del rendimiento del jugo es necesario convertir las unidades de medida que se ocuparon para medir la cantidad de jugo, es decir pasar las unidades de volumen a unidades de masa, en este caso se convirtieron los litros a jugos, esto con ayuda de los datos de las densidades de los distintos tipos de jugo obtenidos.

Según Álvarez y colaboradores la densidad del jugo de limón es de 1.035 kg/lt (2005), mientras que la densidad del jugo de mandarina es de aproximadamente 1.095 kg/lt (Gonzalez, 2012), y por último la densidad del jugo de naranja es de 1.04 kg/lt. A partir de estos datos se obtuvieron los promedios en kilogramos de las cantidades obtenidas de jugo, esto se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. Promedio en litros y kilogramos, junto con las densidades de cada uno de los respectivos jugos obtenidos.

FRUTA	PROMEDIO JUGO (LT)	DENSIDAD JUGO (KG/LT)	PROMEDIO JUGO (KG)
LIMÓN PERSA	0.2366	1.0350	0.2449
MANDARINA	0.3160	1.0950	0.3460
NARANJA VALENCIA	0.3613	1.0400	0.3757

Después de la obtención de los pesos del jugo, se pudo obtener el rendimiento a partir de la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento} = (\text{Kg obtenidos} / \text{Kg de material vegetal}) * 100$$

Para eso se ocuparon también los datos antes mencionados, de las cantidades de gajos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 7. Rendimientos obtenidos a partir de los promedios de las cantidades de jugo extraídas.

FRUTA	RENDIMIENTO (%)
LIMÓN PERSA	31.2702
MANDARINA	42.7185
NARANJA VALENCIA	48.0545

Según un estudio elaborado por Rojas y colaboradores (2009), se reporta que el rendimiento para la extracción de jugos cítricos se encuentra comúnmente en un margen de entre el 40 y 50%. A partir de esto se puede observar que los rendimientos obtenidos en las extracciones de jugo de naranja valencia y mandarina, se encuentra dentro de este margen teniendo un rendimiento satisfactorio en cuanto a su cantidad de jugo; por otra parte el limón persa obtuvo un rendimiento (31.27%) por debajo del 40% establecido para jugos de cítricos, sin embargo debe tenerse en cuenta que los ensayos fueron realizados con frutas de calidad menor comparadas con los cítricos con que normalmente se trabaja.

4.2 Aceites esenciales.

Para la realización del proceso de extracción de aceites esenciales se ocupó 1 kilogramo de fruta, para cada corrida realizada. De este kilogramo de fruta en promedio 0.2 kg fueron de cáscaras, las cuales fueron ocupadas para la extracción

de aceites esenciales. Esta extracción se realizó por medio de la destilación por vapor, durante un tiempo en promedio de 3 horas por corrida. A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 8. Resultados de las extracciones de aceite esencial, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.

FRUTA	ACEITE ESENCIAL (LT.)	PROMEDIO (LITROS)
LIMÓN PERSA	0.0015	0.0021
	0.0025	
	0.0023	
MANDARINA	0.0030	0.0021
	0.0015	
	0.0018	
NARANJA VALENCIA	0.0020	0.0022
	0.0022	
	0.0025	

Como se puede observar en la tabla 8, durante todas las extracciones realizadas a los distintos cítricos, se obtuvieron cantidades de aceite esencial muy parecidas las cuales variaron de entre los 1.5 mililitros hasta los 3 mililitros. En promedio para el limón persa se obtuvo 2.1 mililitros, para la mandarina también 2.1 mililitros y para la naranja valencia se obtuvo en promedio 2.2 mililitros. De acuerdo a estos resultados se observa que el cítrico al que se le extrajo mayor cantidad de aceite fue a la naranja valencia, esto probablemente debido a que es el fruto del que se obtuvo más cáscara, por lo que a mayor cantidad de cáscara es de esperarse que se obtengan más subproductos de esta.

4.2.1 Rendimiento de aceites esenciales.

Al igual que en el caso de jugo los promedios en litros que se obtuvieron de aceite esencial fueron convertidos a unidades de kilogramo para así poder obtener el rendimiento de la extracción de los aceites esenciales. Las densidades de los

aceites esenciales de cítricos se obtuvieron a partir de un estudio realizado, en el que se estudian las densidades de estos aceites, siendo 0.84 kg/lt (Yañez Rueda, Lugo Mancilla, & Parada Parada, 2007) para los tres tipos de aceites esenciales estudiados en este trabajo.

Los promedios en litros y kilogramos; se muestran a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 9. Promedio en litros y kilogramos, junto con las densidades de cada uno de los respectivos aceites esenciales extraídos.

FRUTA	PROMEDIO A.E. (LT)	DENSIDAD A. E. (KG/LT)	PROMEDIO A.E. (KG)
LIMÓN PERSA	0.0021	0.8400	0.0017
MANDARINA	0.0021	0.8400	0.0017
NARANJA VALENCIA	0.0023	0.8400	0.0018

A partir de los pesos obtenidos de los aceites esenciales, se calculó el rendimiento de las extracciones con la misma fórmula del rendimiento, es decir:

$$\text{Rendimiento} = (\text{Kg obtenidos} / \text{Kg de material vegetal}) * 100$$

Para esto se ocuparon también los datos de los kilogramos de aceite esenciales, y las cantidades de cáscara con las que se realizaron las extracciones. Los resultados obtenidos se muestran a continuación.

Tabla 10. Rendimientos de los aceites esenciales obtenidos.

FRUTA	REDIMIENTO (%)
LIMÓN PERSA	0.8141
MANDARINA	0.9284
NARANJA VALENCIA	0.8605

De acuerdo con varios estudios reportados en la literatura, los rendimientos de aceite esencial obtenido de la cáscara de cítricos, suelen ser menores al 1%. Tomando en cuenta este dato, se puede observar que se obtuvieron rendimientos buenos en las extracciones de los tres distintos tipos de cítricos estudiados en este trabajo, siendo el rendimiento menor el del limón persa con un rendimiento de 0.81%, mientras que el mayor rendimiento de aceite esencial fue el de la mandarina con cifras cercanas al 1%, teniendo uno de 0.92%.

4.3 Pectinas.

Para la extracción de pectinas se utilizaron las cáscaras de los cítricos, provenientes del proceso de extracción del aceite esencial, junto con el bagazo remanente de la extracción del jugo. La cantidad de material vegetal ocupada para estas fue de en promedio 600 gramos, es decir cáscaras y bagazo. Los materiales y procedimientos son descritos por completo, en el capítulo 3. El tiempo aproximado para toda la extracción de estas fue de 40 horas. A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos.

Tabla 11. Resultados de las extracciones de pectinas, para los tres tipos de cítricos, junto con los promedios correspondientes.

FRUTA	PECTINA (KILOGRAMO)	PROMEDIO (KILOGRAMO)
LIMÓN PERSA	0.0850	0.0883
	0.0900	
	0.0900	
MANDARINA	0.0500	0.0500
	0.0450	
	0.0550	
NARANJA VALENCIA	0.1000	0.1050
	0.1050	
	0.1100	

Como se observa en la tabla número 11, las cantidades obtenidas de pectina varían entre los tipos de cítricos, sin embargo, las extracciones entre el mismo fruto son muy parecidas. La cantidad mínima de pectina obtenida fueron 45 gramos mientras que la máxima fueron 110 gramos. En promedio las cantidades extraídas de pectina fueron, 83 gramos para el limón persa, 50 gramos para la mandarina, y 105 gramos en cuanto a la naranja valencia. Al igual que con los aceites esenciales, el cítrico que proporciono mayor cantidad de pectina fue la naranja, probablemente debido a que su tamaño es mayor por lo que al tener mayor cantidad de bagazo y cáscara, en comparación con los otros dos cítricos, sea por eso que se pueda extraer más cantidad de pectina a este fruto.

4.3.1 Rendimiento de pectinas.

El rendimiento de la extracción de pectinas fue calculado con la misma fórmula mencionada anteriormente, para este caso el peso del material ocupado fue el obtenido a partir de los pesos de los bagazos y la cáscara de los cítricos.

A continuación, se muestran los rendimientos obtenidos para este proceso.

Tabla 12. Rendimientos obtenidos a partir de la extracción de pectinas cítricas.

FRUTA	RENDIMIENTO (%)
LIMÓN PERSA	11.4893
MANDARINA	14.0664
NARANJA VALENCIA	6.7901

Según Devia Pineda (2003) reporta que el rendimiento para la extracción de pectinas de cítricos por medio de la hidrólisis acida es de alrededor de 10%, por otra parte Rodríguez y colaboradores (2004), reportan un rendimiento de entre 10% y 15%. A partir de estos datos se puede observar que los rendimientos obtenidos (tabla 12) para el limón y la mandarina están en los rangos normales para una extracción de pectina cítrica, mientras que el rendimiento para la naranja valencia fue solo de 6.7% ese decir por debajo de los valores reportados.

4.4 Balance de Materia y Energía.

El siguiente esquema, es un diagrama del proceso de la extracción de subproductos a través de cítricos, en este se realiza un balance de materia en el cual se explican las entradas iniciales en los procesos, es decir la materia prima para cada uno de los productos como aceites esenciales, jugo y pectina.

En la figura 19 se muestra el proceso para la extracción de los tres subproductos principales. Se muestra desde el proceso básico de lavado, pelado y cortado hasta las extracciones de los jugos, aceites esenciales y pectinas.

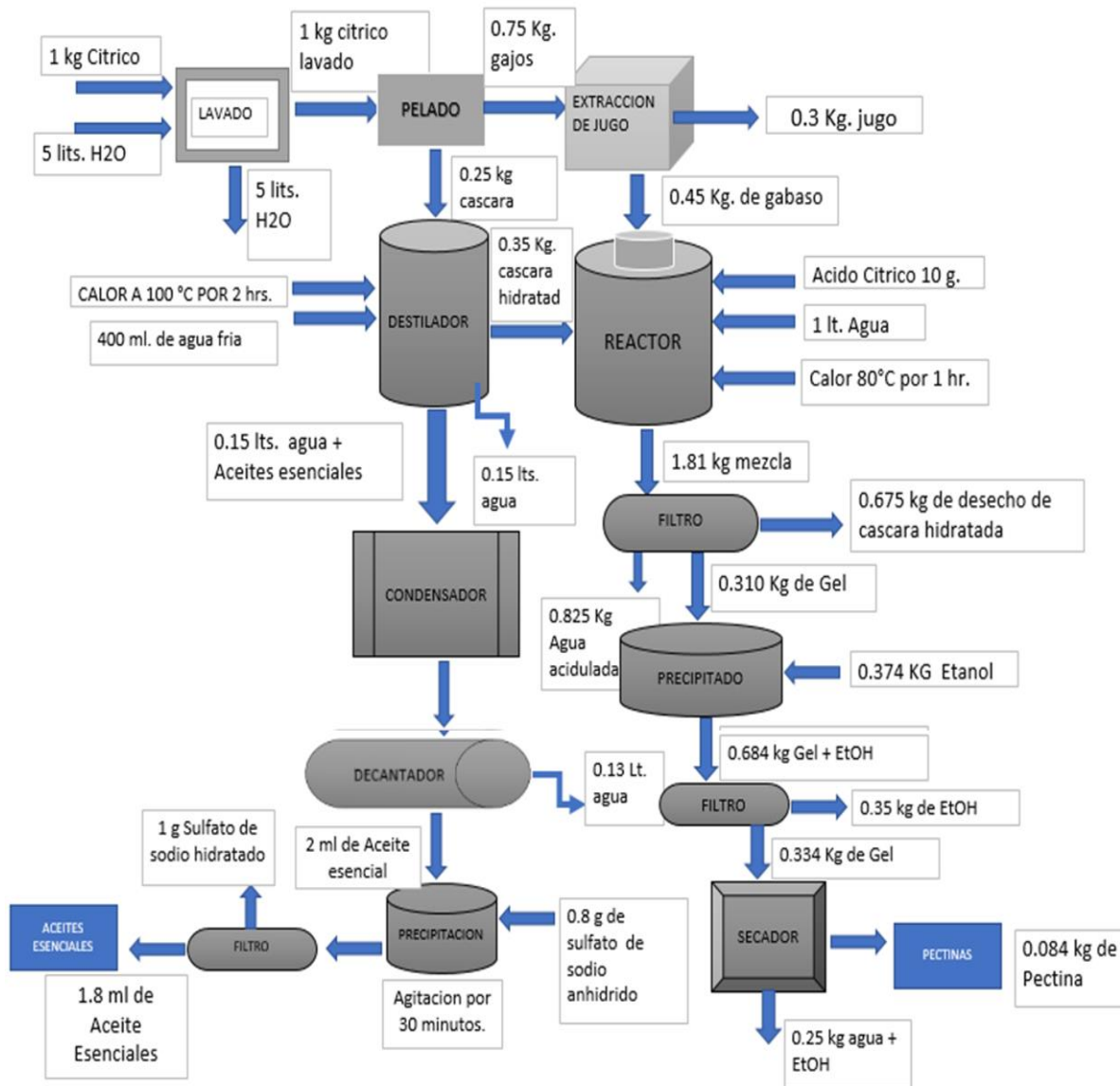


Figura 19. Diagrama de proceso y balance de materia para la extracción de jugo cítrico, aceites esenciales y pectinas. *Elaboración propia.*

Se hace referencia que el proceso inicial es con 1 kilogramo de cítrico, este proceso también es estandarizado para los tres tipos de cítricos utilizados en el estudio, limón persa, mandarina y naranja valencia, pero también se trata de que

este se pueda escalar, poniendo así cantidades estándar en el proceso. También se trata de empalmar los procesos con la finalidad de que este sea mucho más fácil. Como se nota en la parte del proceso de extracción de aceites esenciales y pectinas, estos quedan empalmados al momento en que las cáscaras salen del destilador y pasan al reactor junto con los bagazos del jugo. El punto central en el que los procesos se empalman, es cuando todos los residuos pasan al reactor y se extraen las pectinas. Por lo que se puede decir que el proceso de extracción de pectinas es uno de los más importantes en el proceso en general, ya que sin este habría demasiado desperdicio de materia y en este caso está siendo utilizado.

De acuerdo con las pruebas realizadas en laboratorio se pudo estandarizar que la obtención de aceite esencial es de 1.8 a 2 ml por kilogramo de cítrico. Para la obtención de pectinas se pudo estandarizar el proceso a la obtención de 0.084 kg de pectina por cada kilo que entra a la planta.

En el proceso se mencionan los puntos críticos en cada proceso, como lo son la temperatura que cada proceso necesita, también la adición de elementos importantes como lo son la adición de ácido cítrico para acidular el agua y obtener el proceso, adición de etanol a 96° GL y el sulfato de sodio anhidro para la obtención de aceites esenciales y pectinas.

Todos estos datos son basados en la literatura, pero sobre todo en la experimentación realizada, ya que como se ha mencionado se realizaron tres corridas de extracción por cada tipo de cítrico y mediante lo utilizado en cada parte del proceso se pudo tomar un dato referencial en el proceso y el balance, también los datos de resultados de materia prima, obtención de extractos está basada en los promedios de cada una de las ya registradas.

4.5 Descripción del proceso en planta piloto.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo (realizado mediante el programa en línea Lucidchart) que presenta el proceso a realizarse en una planta

piloto con una capacidad para trabajar con 10 kilogramos de materia vegetal. Las condiciones, como temperaturas y tiempos, para llevar a cabo los procesos en la planta son las mismas que las presentadas en las pruebas a nivel de laboratorio.

En esta a partir de 10 kg de materia vegetal inicial, se pretende obtener entre 2 y 3 litros de jugo, 20 mililitros de aceite esencial y de entre 800 gramos y 1 kg de pectina.

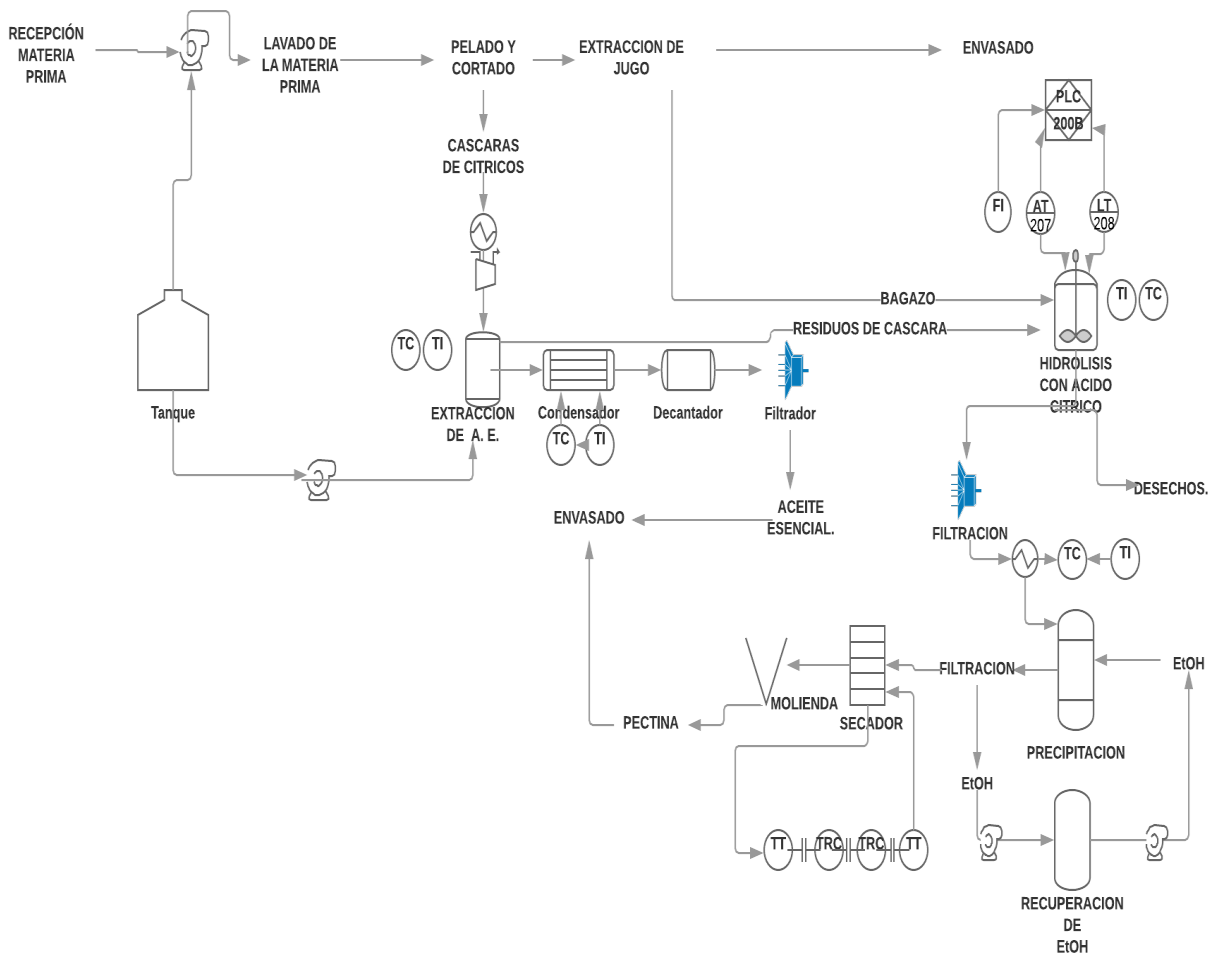


Figura 20. Diagrama de flujo de una planta piloto con capacidad de 10 kg de materia inicial, para la obtención de jugo, aceites esenciales y pectinas. *Elaboración propia.*

- **Recepción de la materia prima.**

Los cítricos que se utilicen para el proceso deben ser aquellos que se encuentran en la clasificación de segunda y tercera calidad. Estos llegarán a la zona de recepción de materia prima, donde se conservarán hasta que llegue el momento de trasladarlos a la zona de selección de materia vegetal.

En esta última se escogerán los cítricos que no tengan presencia de hongos o cualquier tipo de daño microbiológico, también que no tenga daño físico como magulladuras, y que la cáscara se encuentre en buen estado. Se seleccionarán 10 kilogramos de cítrico para realizar una corrida completa de producción.

- **Lavado.**

La operación consiste en eliminar la suciedad que la materia prima trae consigo, antes que entre a la línea de proceso, evitando así complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima puede contener. Este lavado debe realizarse con agua limpia, suministrada a través del servicio de agua pública, el agua para lavado será aplicada a chorro en contra de los frutos. Después de esto los cítricos se escurren y se dejan secar.

- **Pelado y cortado.**

El pelado de los cítricos será realizado mediante peladores en los que el fruto es pinchado y rotará mientras una cuchilla ira retirando la cáscara. Se tendrán 3 y serán manejados por operarios. Debido a que con este la cáscara que se obtiene tendrá un grosor adecuado para la extracción de aceites esenciales, las cáscaras pasan directamente a la extracción de aceites mientras que el fruto pelado a la extracción de jugo.

- **Extracción de jugo.**

Los cítricos previamente pelados serán llevados a un extractor de jugos industrial con capacidad de hasta 20 kg. En esta máquina extractora es donde se obtendrá el jugo y después de que se extrae, este pasa por un proceso de filtración, para eliminar los huesos de la fruta. Como método de conservación se usa la pasteurización.

- **Envasado de Jugo.**

El jugo obtenido listo para su envase, se enviará por gravedad, por un tubo, a la válvula de llenado, la cual tiene una llave o grifo que se maneja automáticamente cada vez que se cambia el envase. Una vez efectuado esto se procede a tapar el envase. Este jugo ya envasado debe ser mantenido en refrigeración a una temperatura de 10°C.

- **Extracción de aceites esenciales.**

La extracción de aceites esenciales se realizará en un destilador para aceites esenciales por arrastre de vapor, el cual debe contener un termómetro para la temperatura de ebullición, el disolvente que realizara el arrastre de vapor es agua, la cual se requiere que sea lo más pura posible para una mayor eficiencia en el proceso, esta agua también debe ser fría alrededor de 2-5°C.

- **Extracción por arrastre de vapor.**

Se pretende que inicialmente entre al proceso 10 kg del cítrico a trabajar, y de estos 10 kg aproximadamente 2.5 kg serán de cáscara, así como también se utilizarán 20 litros de agua para destilar. A partir de esa cantidad inicial se espera que por kilogramo se obtengan de 2 a 3 ml de aceite esencial obteniendo un total de 20 a 30 ml de aceite esencial, ya llevando todo el proceso a cabo. Pero al terminar este proceso solamente se obtiene aceite esencial con agua, es decir una fase orgánica y una acuosa que será tratada para obtener el aceite esencial puro.

Las cáscaras, al terminar el proceso de destilación son dirigidas a la obtención de pectinas.

- **Condensación.**

En este proceso solamente el vapor generado por el destilador pasara al refrigerante, incluido en el destilador para enfriar los compuestos volátiles que ha arrastrado y así se pueda obtener el aceite esencial junto con la fase acuosa, hasta este momento no se tiene registrada cual es la cantidad de materia que sale, pero se estima que serán 2 litros por cada corrida de las cáscaras de 10 kg de material vegetal inicial, estos serían de aceite esencial junto con agua, lo cual eventualmente se separará.

- **Decantación.**

Después del proceso de condensación se continua pasando la materia hasta llegar al decantador, que como bien se sabe este método sirve para separar la fase orgánica de la fase liquida, en este se espera que tarde al menos 1 hora para que se pueda separar, al poderse separar la fase liquida esta se desecha del decantador y solamente se queda y sigue en el proceso la fase orgánica, que es donde se encuentran los aceites esenciales, aquí solamente quedan alrededor de 10 mililitros por cada kilogramo inicial, por lo que en 10 kilogramos se calculan que sean alrededor de los 100 mililitros que se estarían pasando a deshidratar para obtener el aceite esencial.

- **Deshidratación.**

La materia que se obtiene por la decantación se espera que sean alrededor de 100 ml por cada 10 kilos de materia inicial, estos se colocaran en un contendor de metal en el cual se le agregará sulfato de sodio anhídrido de grado alimenticio para evitar malos olores en el aceite.

- **Filtración.**

Al terminar la deshidratación el efluente se dirige a filtración para poder quitar la sal de sulfato de sodio anhídrido en donde este sale como efluente de sulfato de sodio hidratado llevándose el agua restante del aceite y por último se obtiene el aceite esencial sin contenidos de agua, que se espera obtener alrededor de 20 a 30 ml. de aceite esencial por cada 10 kilogramos de materia inicial.

- **Envasado de aceite esencial.**

Los aceites esenciales obtenidos se dirigirán al área de envasado en donde se comenzarán a envasar en recipientes con características específicas para los aceites debido a que estos son muy fotosensibles, lo cual quiere decir que la luz puede quitarle demasiadas características, debido también a la volatilidad. Para lo cual se utilizarán recipientes de vidrio color ámbar, estos deben tener tapa la cual puede ser tipo rosca o tipo gotero, en los cuales podrán se envasados en presentaciones de 10 y 20 ml.

- **Obtención de pectinas.**

Las cáscaras obtenidas después de la extracción del aceite esencial, junto con los bagazos desechados de la extracción de jugo, son sometidos al proceso de extracción de pectinas.

- **Hidrolisis.**

Inicialmente se realiza la hidrólisis de la cáscara con agua acidulada. El pH se debe mantener a 2.8, el tiempo de hidrolisis es de 60 minutos. La hidrólisis se llevará a cabo a una temperatura constante de 80°C, en un reactor con capacidad de hasta 40 lts. Para realizar esta se hidrolisis las cáscaras en el reactor deberán estar en un medio ácido que se logrará añadiendo una solución de ácido cítrico al 10%. Para una corrida de 10 kg de material inicial se tienen aproximadamente 8 kilogramos de remanentes (cálculos basados en el balance de materia) por lo que

se añadirían 10 litros de agua más 1 litro de la solución de ácido cítrico. En caso de no obtenerse el pH deseado se puede añadir más solución o más agua. Después de esto, se procede a calentar los remanentes a una temperatura de 80°C por 60 minutos cuidando que el pH sea constante.

- **Filtración.**

La mezcla obtenida es filtrada para separar el extracto líquido de los sólidos gruesos (cáscaras y bagazos), estos últimos son desechados y se continúa trabajando con el extracto líquido que es el que contendría pectinas. Esta será realizada en un filtro tipo prensa. Después de la filtración el extracto líquido que se obtiene se lleva a otro contenedor para en este realizar la precipitación de las pectinas.

- **Precipitación con etanol.**

Al extracto concentrado se le adicionara un volumen doble de etanol de 96° con el fin de precipitar la pectina. Es paso se realizará dejando el extracto obtenido en la filtración anterior, durante 24 hora en etanol de 96° GL para que así la pectina precipite. Este se realiza en un tanque o contenedor de 40 Lt. de capacidad. En este paso se creará un gel que se separa y se podrá notar hasta la parte inferior del recipiente.

- **Lavados de etanol.**

Después de haber dejado el extracto durante las 24 horas en etanol para que se precipite, estos se filtraran para así eliminar el etanol y quede solo un tipo gel que es donde se encontraran las pectinas. Durante esta filtración se deberán ir haciendo lavados con más etanol para que así se precipite más el gel con la pectina y este quede más puro. Se realizarán de dos a tres lavados con etanol, si no se

llegase a obtener el gel completamente separado del etanol se pueden realizar hasta 5 lavados. Después de esto, el gel se filtrará y se prepara para su secado.

- **Secado en estufa.**

Después de la filtración el gel obtenido procederá a secarlo, esto se realizará en una estufa de secado de bandejas, se tendrá una temperatura de 50°C durante un periodo de 2 a 3 horas. Si durante este tiempo no se logró un secado uniforme se puede dejar de 1 a 2 horas más. Una vez secada se procederá al proceso de la molienda.

- **Molienda de pectina.**

Una vez secada la pectina, se obtendrán masas delgadas de color café, la cual se deberán moler a través de un molino hasta que se obtenga un polvo fino de color café.

- **Envasado de producto.**

La pectina podrá ser envasada en frascos de plástico para su comercialización como tal para el uso en alimentos, o puede ser envasada en sobre plásticos para su comercialización como materia prima para otros productos.

4.6 Equipos para planta de extracción de subproductos.

En esta sección se proponen algunos equipos para comenzar de manera inicial una planta para el aprovechamiento de los tres tipos de cítricos propuestos (limón persa, naranja valencia, mandarina). Siendo así se explicarán las especificaciones del equipo, así como también por qué se seleccionó este tipo de equipo.

- **Equipo extractor de aceites esenciales por arrastre de vapor.**

Equipo de la marca Figmay, orientado a procesos de obtención a gran escala. Altamente elegidos por empresas industriales. Cuenta con un diseño funcional para realizar rápidos lotes de producción. El equipo extractor de aceites esenciales ha sido diseñado para obtener la máxima pureza en el proceso de destilación. Es por esto por lo que los materiales que entran en contacto con la materia prima no contaminan el producto. A la vez que son resistentes a choques térmicos y altas temperaturas. (FIGMAY, 2017)

Es de fácil uso, instalación y limpieza. Está preparado para ser utilizado de manera permanente, sin dañarse. El costo aproximado es de \$ 23,500 m.n.



Figura 21. Equipo de extracción de aceites esenciales.

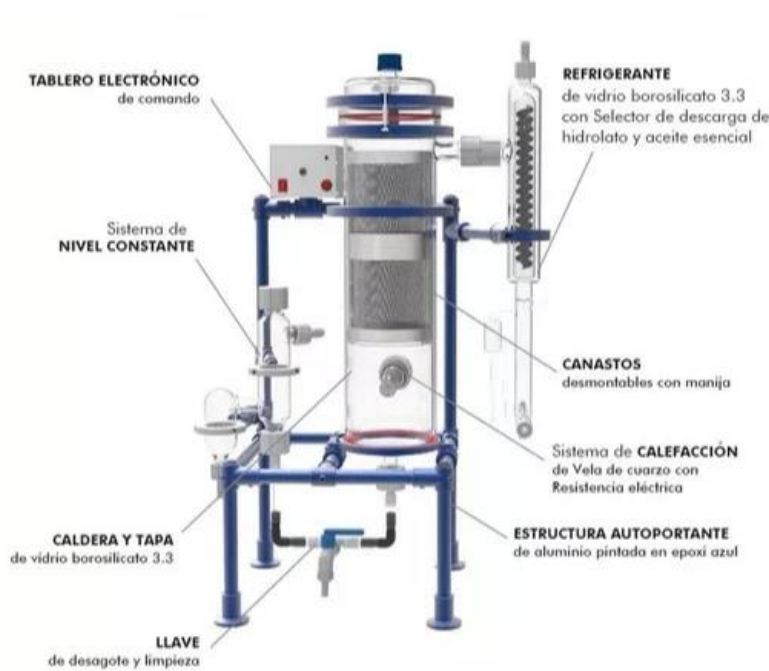


Figura 22. Partes del destilador extractor de aceites esenciales de tipo industrial.

Equipo completo de extracción de aceites esenciales nivel industrial con capacidad hasta 100 litros. Se sugiere utilizar un equipo de 50 litros, para casos en que se la producción pueda aumentar.

Una de las razones por las que se consideró este diseño es debido a que las canastas son de metal inoxidable, el refrigerante y las demás partes de cristal son de boro silicato, cuenta con tablero electrónico, así como también cuenta con un decantador el cual almacena las dos fases y solamente se entrega la fase orgánica por la llave, por lo que hace más práctico y rápido obtener los aceites esenciales.

- **Reactor de acero inoxidable de 25 litros con agitador.**

Este equipo es esencial para realizar la hidrólisis ácida, comercialmente está diseñado para la elaboración de mermeladas, pero funciona de igual forma debido a que se llevan a cabo variantes de temperatura, también están disponibles entradas para poder realizar las adiciones de agua y ácido cítrico, así como un factor importante en esta operación la cual es la agitación. En la figura se puede observar

que el reactor cuenta con tablero electrónico, con motor para el movimiento de las paletas, también se puede observar que es de acero inoxidable, cuenta con un volumen de 25 kilogramos, para una planta en la que cada corrida sea de 10 kilogramos, este equipo presenta un buen volumen ya que en promedio se estaría obteniendo entre 18 y 20 kg de mezcla. Tiene un costo de 23,500 pesos.



Figura 23. Reactor de acero inoxidable de la marca tecnopack.

- **Extractor de jugos industrial.**

Este equipo es importante para la extracción de jugo cítrico, se recuerda que este es uno de los subproductos principales ya que da pie a la creación de aceites esenciales y pectinas.

El equipo es perteneciente a la marca international modelo EX-A para una capacidad de 20 kg, puede producir hasta 90 litros por hora, cuenta con tapa de acrílico transparente color humo que permite ver la operación del equipo. Depósito fabricado en acero inoxidable T-304 grado alimenticio, colador de malla de acero inoxidable T-304 grado alimenticio, disco sierra de acero inoxidable y expulsión automática del bagazo. Se encuentra Disponible en 220 V.



Figura 24. Extractor de jugos cítricos industrial de acero inoxidable.

- **Pelador de cítricos de metal inoxidable grado alimenticio.**

Este equipo es para ser utilizado manualmente, los equipos de pelado con máquinas son demasiados costosos, pero un equipo de este tipo es muy accesible y puede ser ocupado por una operadora. Tomando en cuenta que es para una planta que procesa 10 kilogramos por cada corrida. Serían necesarios dos equipos y dos operadoras para realizar el pelado de cáscara. En este equipo se introduce el cítrico en la lanza y se gira para que la cuchilla retire la cáscara. El equipo tiene un costo de 1,130 pesos, por lo que es accesible adquirir 2.



Figura 25. Peladora de cítricos de acero inoxidable grado alimenticio.

- **Bomba industrial de alto flujo.**

Estas bombas son necesarias para poder transmitir la masa de un proceso a otro, serían más que nada utilizadas en el proceso de obtención de pectinas, ya que se utilizan flujos de etanol y también para transmitir los flujos obtenidos después del hidrolisis, tienen una potencia de 1 Hp. Cada una de las bombas tiene un precio de 5990 pesos. Son de la marca Hydra.



Figura 26. Bomba de alto flujo de 1 hp de la marca Hydra.

- **Bomba sumergible.**

Este tipo de bombas es necesario para poder potenciar el flujo de agua para el condensador que utiliza el destilador de aceites esenciales. Esta bomba tiene una potencia de 1/2 hp de fuerza. Tiene un precio de 2,500 pesos.



Figura 27. Bomba sumergible en agua con medio hp de fuerza.

- **Filtro prensa.**

Este equipo es utilizado para realizar las diferentes filtraciones necesarias para los procesos, ya que como se indica en el diagrama de proceso propuesto son necesarios al menos tres (filtración de la precipitación de aceites esenciales, filtración después de hidrolisis, filtración en los lavados de etanol.)

Este equipo cuenta con prensas de placa para una buena filtración, en el caso para filtración de la mezcla de hidrolisis en el cual es necesario rescatar el fluido hidrolizado y separar las cáscaras de este. Adopta la filtración hermética presurizada, con menos pérdida del filtrado, buena calidad de la filtración y alta eficacia. El filtro está diseñado principalmente para la filtración de bebidas, por lo que todos los materiales utilizados son perfectamente compatibles con líquidos para el consumo humano.



Figura 28. Filtro prensa de placas para separación de flujos a presión.

- **Horno para secado.**

Este equipo es importante para el proceso de la solidificación del gel en la extracción de pectinas. Estructura exterior metálica en pintura esmalte, interior en acero inoxidable tipo 304, rango de temperatura de 50 a 220 °C, control digital o analógico (hidráulico). Sensibilidad de +- 2.0 °C aislamiento térmico para alta temperatura, con circulación de aire a base de soplador de ardilla, sistema de

calefacción eléctrico a base de resistencias de alambre nicromel tipo "A", entrepaños para operar a 127 volts, 50/60 ciclos, terminando en pintura esmalte.



Figura 29. Horno de secado de convección forzada para el secado se pectinas.

- **Congelador de dos puertas.**

Congelador horizontal de tapa sólida, ideal para medianos o grandes negocios.

Especificaciones Técnicas: Capacidad neta pies cúbicos: 25.4 Luz indicadora de encendido: si, Canastillas: 2, Cerradura con llave: si (2), Llaves: si, Luz interior: si, Descongelamiento: manual, Tapón de drenado: si, Voltaje: 110 V, Control de temperatura ajustable: si, Watts/ciclo: 430 w-60 hz Amperaje: 4.53 A Refrigerante: R-600^a, Agente espumante: ciclopentano.

Es recomendado utilizarlo para almacenar los residuos de jugo como son bagazo y cáscara antes de someterlas a proceso, así como también el almacenamiento del jugo, aceites esenciales y pectinas.



Figura 30. Congelador para almacenar productos.

- **Mesa de selección y lavado.**

Este equipo es importante para poder seleccionar las frutas que entren a proceso, así como también el lavado el cual puede llevarse a cabo en estas tinas acero inoxidable, en las cuales se puede realizar bajo las supervisiones de una operadora. Ambas tarjas son de 50x50x30, incluye su llave mezcladora y accesorios para su instalación



Figura 31. Mesa de selección y lavado de materia prima.

- **Ollas para almacenamiento.**

Estas son importantes en el proceso ya que pueden ser utilizadas en diferentes casos como lo es para almacenar las pectinas y dejarlas en reposo por 12 horas para poderlas someter a lavado. Estas cuentan con una capacidad de hasta 10 litros y son de acero inoxidable.



Figura 32. Ollas de metal inoxidable de diferentes volúmenes.

- **Contenedor de acero inoxidable de capacidad máxima de 40 litros para precipitación.**

Cuenta con dos entradas, es ideal para realizar el precipitado de pectinas, en el cual puede entrar el etanol y por otro lado el flujo extraído de la hidrólisis para poder obtener el gel de pectinas. Cuenta con un volumen de 40 litros, esta enchaquetado y es de acero inoxidable.



Figura 33. Contenedor de acero inoxidable enchaquetado.

4.7 Evaluación presupuestal del proyecto.

- **Precios en una inversión inicial.**

En este apartado se plantea el concepto para dar pie a la extracción de subproductos (pectina, aceites esenciales, pectinas) en una planta a nivel industrial de tecnología básica y señalando también el bajo presupuesto para impulsar los procesos esto para emprender un nuevo negocio.

De acuerdo con los equipos propuestos anteriormente, se realizó la cotización de estos para poder sumar y saber cuál es el costo aproximado de una inversión primaria. En la siguiente tabla se muestran los precios y la cantidad de equipos necesarios para poder equipar un área para producir los subproductos que se mencionan en esta investigación. Con un presupuesto menor a 250 mil pesos.

Para esto también fue necesario el diagrama de proceso y el balance de materia y energía que fue propuesto con pruebas experimentales.

Tabla 13. Suma de costos de equipos para inversión inicial de una planta de aprovechamiento integral.

EQUIPOS		
	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES	26,500	26,500
REACTOR 40 LTS.	23,500	23,500
EXTRACTOR INDUSTRIAL CÍTRICOS	17,100	17,100
TINA PARA SELECCIÓN Y LAVADO DE FRUTOS	5,500	5,500
3 CORTADORES DE CÍTRICOS	1,130	2,260
BOMBA INDUSTRIAL ALTO FLUJO 1 HP	5,990	17970
BOMBA SUMERGIBLE 1 HP	2,500	2,500
FILTRO PRENSA	31,000	62,000
OLLA DE ACERO INOXIDABLE	5,000	5,000
JUEGO DE OLLAS 8 PIEZAS	680	680
CONGELADOR DOS PUERTAS	16,500	16,500
HORNO DE SECADO	32,298	32,298
TUBERÍAS	10,000	10,000
TOTAL		221,808

- **Análisis de mercado.**

Para justificar por una parte el valor monetario con el cual se obtendrán las ganancias, se realizó un análisis de mercado para poder colocar un precio por cada producto que se ofrecerá, se consultaron precios en diferentes páginas de internet y los precios promedios fueron los siguientes.

Tabla 14. Análisis de mercado realizado, según precios en el mercado y se proponen precios para cada producto.

PRECIO EN EL MERCADO		CONTENIDO (mililitros, litros, kilogramo)	PRECIO (\$)		PRECIO (\$)
ACEITES ESENCIALES	LIMÓN	10	68.5	PRECIO X MILILITRO	6.85
	MANDARINA	15	98.5		6.56
	NARANJA	15	82		5.46
JUGO	LIMÓN	1	20	PRECIO X MILILITRO	0.02
	MANDARINA	1	25		0.025
	NARANJA	1	25		0.025
PECTINA	LIMÓN	0.5	250	PRECIO X GRAMO	0.5
	MANDARINA	0.5	250		0.5
	NARANJA	0.5	250		0.5

En la tabla se muestran las presentaciones en las cuales se llegan a vender los productos que se aprovechan de los cítricos, se nota que para los aceites esenciales los precios rondan entre los 68.5 y 98.5 pesos, para lo que en el caso de limón se aprecian los precios más accesibles, también se tomaron en cuenta los mililitros por presentación, teniendo esto, por mililitro se puede observar que para el limón, el precio es de 6.85, 6.56 para mandarina y 5.46 pesos para naranja valencia.

Para el caso de la pectina, se puede encontrar presentaciones de 500 gramos por el precio de 250 pesos. Para lo que cada gramo de pectina tendría un costo de 50 centavos.

Para el jugo de limón los precios oscilan entre 20 y 25 pesos ya que los jugos de naranja y mandarina son mucho más consumidos. Por lo que por mililitro habría un precio de 0.025 y 0.020 pesos.

- **Producción.**

Basándonos en el balance de materia y energía, se puede establecer un proceso en el que la carga vegetal inicial es de 10 kg en cada corrida, para lo que se pueden obtener 0.2 litros de aceite esencial, 0.84 kg de pectina y 3 litros de jugo.

También, debe tenerse en cuenta que los meses ideales para lanzarse en marcha la planta es durante los meses de septiembre a febrero ya que en estos meses se encuentra demasiada producción y mucho de los cítricos son desperdiciados y pueden someterse a proceso para aprovecharlos.

De acuerdo con los tiempos que pueden ser realizados los procesos se debe señalar que es posible obtener aceites esenciales y jugo de los cítricos diariamente, también pueden realizarse tres corridas de 8 am a 6 pm en un día laboral. Surge una problemática en la elaboración de pectinas debido a que los precipitados deben ser realizados cada 12 horas, ya que este es el tiempo mínimo para reposo para obtener la gelificación de las pectinas.

Teniendo en cuenta que los procesos se llevarían a cabo diariamente para jugo y aceites esenciales y cada dos días en el caso de las pectinas, en estos se realizarían 3 corridas en 1 día de trabajo, se obtendría:

- 0.6 litros de aceite esencial
- 2.52 kg de pectina
- 9 kg o 9.15 litros de jugo

Tabla 15. Valuación de la producción de acuerdo con lo obtenido en el balance de materia, el análisis de mercado y el tiempo de producción.

VALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN						
		1 día	Precio x ml	Valor de producción	Periodo 1 mes	Valor
AE	LIMÓN	200	\$6.85	\$1,370.00		
	MANDARINA	200	\$6.56	\$1,312.00		
	NARANJA	200	\$5.46	\$1,092.00		
			Total	\$3,774.00	24 días	\$90,576.00
		2 días	Precio x gr	Valor de producción		
PECTINA	LIMÓN	840	\$0.5	\$420.00		
	MANDARINA	840	\$0.5	\$420.00		
	NARANJA	840	\$0.5	\$420.00		
			Total, c/2 días	\$1,260.00	12 días	\$15,120.00
		1 día	Precio x litro	Valor de producción		
JUGO	LIMÓN	3.05	\$20	\$61.00		
	MANDARINA	3.05	\$25	\$76.25		
	NARANJA	3.05	\$25	\$76.25		
			Total, por día	\$213.50	24 días	\$5,124.00
				Total, de producción		\$110,820.00

De acuerdo con la tabla anterior entre el segundo y tercer mes de producción se obtendrían teóricamente las ganancias para la primera inversión inicial, ya que también deben enfocarse gastos como la compra de materia prima, paga de obreros, edificación y electricidad. Cabe señalar que por el periodo de un mes se tendrían 24 días productivos para extracción de aceites y jugo, como las

pectinas se obtendrían cada 2 días debido al proceso de precipitación se tendrían 12 días productivos, los cuales fueron calculados por la producción total. La suma total de producción en 1 mes sería de 110,820 pesos.

También teniendo en cuenta el total de un mes podemos calcular cuál es la producción en seis meses.

Tabla 16. Producción hasta seis meses.

1 mes	\$110,820.00
2 meses	\$221,640.00
3 meses	\$332,460.00
4 meses	\$443,280.00
5 meses	\$554,100.00
6 meses	\$664,920.00

En la tabla anterior se puede observar que en tres meses se estaría obteniendo más de la inversión inicial ya que esta sería teóricamente de 221, 808 pesos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusión.

En el presente trabajo se realizaron diferentes procesos que incluyeron las extracciones de jugo, aceite esencial y pectinas, a partir de los cítricos limón persa (*Citrus latifolia*), naranja valencia (*Citrus sinensis*) y mandarina (*Citrus reticulata*). Las extracciones del aceite esencial fueron realizadas mediante la técnica de arrastre de vapor, mientras que el proceso de la extracción de pectinas se realizó con la técnica de hidrolisis acida, precipitación con etanol y secado en estufa de flujo laminar. A continuación, se presentan algunas observaciones de acuerdo con lo obtenido:

- Se estableció un proceso integral para el aprovechamiento de tres cítricos, donde el objetivo fue la obtención de tres diferentes subproductos los cuales fueron jugo, aceite esencial y pectinas.
- Se logró proponer un proceso en el cual se pueden procesar aceites esenciales y pectinas de manera acoplada. De esta forma aprovechando los desechos de la extracción de aceites y extracción de jugo.
- Se obtuvieron los tres subproductos de los cítricos con los que se trabajó, con rendimientos favorables.
- Se comprobó que a pesar de que se trabajó con frutas de segunda y tercera calidad, estas tienen rendimientos similares a los registrados en la bibliografía de estudios hechos con frutas de buena calidad.
- Fueron establecidos los puntos críticos en los procedimientos para la extracción de los subproductos. Señalándose en el diagrama de flujo.
- Se estableció un balance de materia el cual presenta cantidades de lo que en promedio se ocupa de materiales, carga vegetal, y así mismo muestra lo que se obtiene en cada proceso.
- Se propuso un proceso para realizarse en una planta piloto, y se recomendaron los equipos necesarios para llevarlo a cabo.

5.2 Recomendaciones.

Aunque los resultados de los rendimientos obtenidos son considerados como buenos, es necesario realizar algunas recomendaciones para el mejoramiento de los procesos propuestos:

- Realizar una mejor separación de los aceites esenciales ya que se pueden utilizar reactivos como el acetato de etilo, el cual fue utilizado, pero no fue reportado ya que alteraba las características organolépticas de los aceites extraídos.
- Mejorar el proceso de secado de las pectinas, para así facilitar su molienda y poder obtenerlas en polvo. Realizando el secado en otro tipo de horno, o con otro tipo de tecnología.
- Llevar a cabo la extracción de los aceites esenciales con otro tipo de equipo con más tecnología, que ayude a obtener un mejor rendimiento.

6. Referencias

- ALVAREZ, A., JORRAT, S., & GENTA, M. (2005). Caracterización Fisico-Química del Jugo de Limón de Tucumán. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 49 - 56 .
- ANACAFÉ. (2013). *Asociación Nacional de Cafe* . Obtenido de Cultivo de limon persa : https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Cultivo_de_limon_persa
- ANACAFÉ. (2014). *Asociacion Nacional del Café*. Obtenido de https://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Cultivo_de_mandarina
- Cardona, I. C. (2011). Evaluacion del proceso integral para la obtencion de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y ciencia ISSN*, 65-86.
- Ceron Salazar, I., & Cardona Alzate, C. (2011). Evaluación Del Proceso Integral Para La Obtención de Aceite Esencial y Pectina A Partir De La Cáscara De Naranja. *Ingeniería y Ciencia, ISSN 1794-9165*, 65 - 86.
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Universidad del Centro Educativo Latinoamericano*, 149-155.
- Cháfer, M., Ortolá, M., & Chiralt, A. y. (2016). Aprovechamiento alimentario de la corteza de naranja por técnicas de impregnación a vacío. *Catedra Iberoamericana* , 5-8.
- Citricultura de Veracruz . (2010). *La citricultura en Veracruz* . Obtenido de Produccion Nacional de citricos : http://www.concitver.com/15_9citricultura.html
- CONCITOVER. (1998). *MANUAL DE PRODUCCION DE NARANJA PARA VERACRUZ Y TABASCO*. VERACRUZ, MEXICO : SAGAR.
- FIGMAY. (2017). *FIGMAY*. Obtenido de EXTRACTOR DE ACEITES ESENCIALES POR ARRASTRE DE VAPOR: <https://figmay.com/extractor-de-aceites-esenciales/>

- Frutas&hortalizas. (2017). *Frutas y Hortalizas.com*. Obtenido de Mandarina:
<http://www.frutas-hortalizas.com/Frutas/Presentacion-Mandarina.html>
- Gonzalez, A. (20 de Noviembre de 2012). *Propiedades De Los Liquidos*. Obtenido de
 de Propiedades De Los Liquidos.:
<https://prezi.com/b1jxkhqhz6pk/propiedades-de-los-liquidos/>
- Grayum, M. H. (2012). Validation of a scientific name for the Tahitian lime.
Phytoneuron, 1-5.
- Hervalejo, A., Salguero, A., & Arenas, F. J. (2010). Variedades de cítricos de interés
 para la industria del zumo. *Vida Rural* , 62-66.
- inifap. (noviembre de 1998). Manual de producción de naranja para Veracruz y
 Tabasco. Veracruz, Veracruz, Mexico: SAGAR.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2017).
Agenda Técnica Agrícola de Veracruz. Ciudad de México.
- Jennifer P. Rojas, A. P. (2009). Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir
 de subproductos de jugos cítricos. *Revista de la facultad de química
 farmacéutica* , 110-115.
- Johnson, T. M. (2001). *La Producción De Zumo De Cítricos Y La Aplicación De
 Tecnología*. Obtenido de La Producción De Zumo De Cítricos Y La Aplicación
 De Tecnología:
<http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/006/x6732s/x6732s11.pdf>
- Perez Najera VC., L. C. (2013). Extracción de compuestos fenólicos de la cáscara
 de lima (*Citrus limetta* risso) y determinación de su actividad antioxidante.
Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 18-22.
- Perez, A. L. (2015). EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE MATERIAL
 PECTÍNICO DEL ALBEDO DE CUATRO ESPECIES DEL GENERO *Citrus*.
El AgroVeracruzano, 227.

- Pineda, J. E. (2003). Proceso Para Producir Pectinas Citricas. *REVISTA Universidad EAFIT*, 21 - 29.
- Ramirez, U. (27 de 03 de 2011). *Iniciativa Personal*. Obtenido de Iniciativa Personal: <https://iniciativapersonal.wordpress.com/2011/03/27/la-industria-del-jugo-en-mexico/>
- Rodriguez Rodriguez, Karol, & Román Henriquez, A. (2004). EXTRACCIÓN Y EVALUACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE NARANJA DE LAS VARIETADES Citrus sinensis y Citrus paradisi Y PROPUESTA DE DISEÑO DE PLANTA PILOTO PARA SU PRODUCCIÓN. *UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR*, 118.
- Rojas Ll., J., Perea V., A., & Stashenko, E. (2009). Obtención de Aceites Esenciales y Pectinas A Partir de Subproducto Citricos. *REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 110 - 115 .
- SAGARPA. (2009). *Diagnostico del Sector Primario en Veracruz*. Servicios y Asesoria La Cumbre, S.A. de C.V.
- SAGARPA. (2016). *Gobierno de la republica: SAGARPA* . Obtenido de Blog de SAGARPA: Naranja dulce, limón partido...: <https://www.gob.mx/sagarpa/articulos/naranja-dulce-limon-partido>
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). *La mandarina, un cítrico con muchos beneficios*. Gobierno de la Republica .
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). *Limón: casi 2.44 millones de toneladas en 2016*. Gobierno nacional de México.
- SIAP . (2017). *Limón: casi 2.44 millones de toneladas en 2016*. Gobierno de la Republica Mexicana.
- Vanaclocha, A. C. (2004). *Diseño de industrias agroalimentarias*. Mexico DF: Ediciones Mundi-Prensa.

Yañez Rueda, X., Lugo Mancilla, L., & Parada Parada, D. (2007). Estudio del Aceite Esencial de la Cáscara de Naranja Dulce Cultivada en Labateca. *BISTUA*, 3 - 8.