

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



T E S I S

**RENDIMIENTO DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE NARANJA (*Citrus sinensis* L.)
A DIFERENTES VALORES DE pH Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:

LUZ MARINA OCAS QUILICHE

Asesor:

Dr. VÍCTOR VÁSQUEZ ARCE

Co-Asesor:

Ing. M.Sc. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS

CAJAMARCA – PERU

2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Cajamarca, a los catorce días del mes de enero del Año dos mil veinte, se reunieron en el ambiente 2H – 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los integrantes del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 160-2020-FCA-UNC, Fecha 01 de diciembre del 2020, con el objeto de Evaluar la sustentación de la Tesis titulada: **“RENDIMIENTO DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE NARANJA (Citrus sinensis L.) A DIFERENTES VALORES DE pH Y TIEMPOS DE EXTRACCIÓN”**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, de la Bachiller: **OCAS QUILICHE LUZ MARINA**

A las once horas y diez minutos y de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el acto. Después de la exposición del trabajo de Tesis, la formulación de preguntas y de la deliberación del Jurado, el Presidente anunció la Aprobación por Unanimidad con el calificativo de Catorce (14)

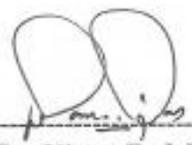
Por lo tanto, el graduando queda expedita para que se le expida el **Título Profesional** correspondiente.

A las doce horas y treinta minutos, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

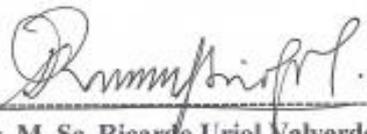
Cajamarca, 14 de enero del 2020.



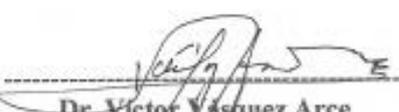
Dr. Segundo Berardo Escalante Zamaeta
PRESIDENTE



Ing. M. Sc. Víctor Eudelfio Torrel Pajares
SECRETARIO



Ing. M. Sc. Ricardo Uriol Valverde
VOCAL



Dr. Víctor Vasquez Arce
ASESOR



Ing. M. Sc. José Gerardo Salhuana Granados
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y vida, a mi madre, que gracias a sus cuidados y fuerza de espíritu me impulsó a cumplir todos mis logros, y que sacrificó todo su tiempo en darnos lo mejor a mí y a mis hermanos; que me enseñó a ser humilde, honesta y a luchar por todo y que ahora desde el cielo me cuida y guía mis pasos.

A mi padre, por su sacrificio, confianza y amor, que sin tu fuerza y apoyo no hubiéramos logrado nuestras metas mis hermanos y yo, a pesar que has tenido un camino muy difícil desde niño pero que nunca te rendiste y eso es un gran ejemplo para mí; muchas gracias por tu apoyo.

*A mis hermanos por sus consejos y apoyo incondicional para lograr mis objetivos
A mis familiares, tíos, tías, primos y primas que me brindaron todo su apoyo desde niña.*

*Para ustedes mi más grande agradecimiento
respeto y amor.*

AGRADECIMIENTO

Gracias a tí señor por iluminar mi camino y darme la fortaleza y oportunidad de alcanzar la meta propuesta, gracia por brindarme sabiduría e inteligencia necesaria, para adquirir nuevos conocimientos que me proporcionaron en cada clase recibida, gracias por darme paciencia y fuerzas para seguir adelante y culminar el proceso de mi carrera académica, gracias por tu bondad Dios.

A mis padres y hermanos por todo el apoyo brindado con amor y cariño, comprensión y soporte y por haber motivado siempre mi formación académica, creyendo en mí en todo momento, los amo mucho.

A mis amigos por sus sabios consejos durante toda mi vida y mi carrera profesional, gracias por todo y que DIOS LOS BENDIGA SIEMPRE.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1 Objetivo general.....	2
1.1.2 Objetivos específicos	2
CAPÍTULO II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes teóricos de la investigación.....	3
2.2. Bases teóricas.....	4
2.2.1. Generalidades de la naranja	4
2.2.2. Producción de naranja	4
2.2.3. Beneficios de los frutos de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L., variedad valenciana)	5
2.2.4. Características de la naranja valencia	6
2.2.5. Composición química de la naranja	6
2.2.6. Partes de la naranja.....	8
2.3. Las pectinas	11
2.3.1. Origen	11
2.3.2. Localización y estructura de las pectinas.....	13
2.3.3. Caracterización de las pectinas	13
2.3.4. Propiedades químicas.....	14
2.3.5. Variables a tomar en cuenta en el proceso de extracción de pectina.....	14
2.3.6. Clasificación de pectinas.....	16

2.3.7. Propiedades físicas y químicas de las pectinas.....	19
2.3.8. Usos y aplicaciones de la pectina	22
2.3.9. Importancia y aplicación industrial de la pectina	23
2.3.10. Método de extracción de pectinas.....	24
2.3.11. Método de extracción de pectinas.....	25
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación del experimento	27
3.2. Materiales.....	27
3.2.1 Material biológico	27
3.2.2 Material de laboratorio.....	27
3.2.3 Equipo de laboratorio	27
3.2.4 Reactivos.....	28
3.2.5 Otros materiales.....	28
3.3. Metodología.....	28
3.3.1. Fase de campo	28
3.3.2. Fase de laboratorio	29
3.4. Descripción de cada una de las etapas del flujograma	29
3.4.1 Factores de estudio.....	34
3.4.2 Tratamientos	34
3.4.3 Diseño experimental.....	34
3.4.4 Tamaño de unidad experimental.....	35
3.4.5 Variable independiente.....	35
3.4.6 Variable dependiente	35
3.5. Manejo específico del experimento para pectina de cáscaras de naranja.....	35
3.5.1 Trabajo de gabinete	36
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la naranja en porcentaje	7
Tabla 2. Compuestos principales que constituyen la estructura del albedo de naranja.....	9
Tabla 3. Factores de estudio para la evaluación del rendimiento de pectina ..	34
Tabla 4. Tratamientos	34
Tabla 5. Aquí se muestra que se realizara 3 repeticiones por cada tratamiento, haciendo un total de 12 unidades experimentales.....	35
Tabla 6. Valores obtenidos del rendimiento (%) al finalizar el proceso de extracción de pectina despues de molienda.....	37
Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento de pectina de la cáscara de naranja.....	38
Tabla 8. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para los niveles del factor Ph	39
Tabla 9. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor tiempo ..	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de la naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.).....	8
Figura 2. Estructura química de la pectina	12
Figura 3. Estructura química de pectinas de bajo índice de metoxilo.....	17
Figura 4. Estructura química de pectinas de alto índice de metoxilo.....	18
Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja	33
Figura 6. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor pH ..	39
Figura 7. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor tiempo.....	40

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias (2H-109), de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el objetivo de extraer pectina a partir de la cáscara de naranja valencia mediante el método de hidrólisis en medio ácido, y precipitación con alcohol etílico, para determinar el valor de pH y el tiempo de extracción, para obtener el rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L.*).

Las cáscaras de naranjas fueron sometidas a ebullición para la inactivación de enzimas y luego se sometió a hidrólisis ácida con ácido cítrico y precipitación de las mismas con alcohol 96 %. Se probaron dos valores de pH (2,5 y 3) y dos tiempos (45 y 60 minutos), bajo el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 2 x 2, y tres repeticiones.

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) indicaron que existen diferencias significativas entre los niveles del factor pH, obteniendo la mayor extracción de un (0,91 %) de pectina a un pH de 2,5 y la menor extracción (0.69 %) de pectina a un pH de 3. Entre los niveles del factor tiempo no se encontraron diferencias significativas, el mayor resultado es (0.86 %) de pectina se obtuvo con un tiempo de 60 minutos y el menor es (0.84 %) de pectina con 45 minutos. Según los resultados de pectina tiene una relación inversamente proporcional con el pH.

Palabras claves: Naranja, albedo, pectina, cáscara, pH, tiempo de extracción

ABSTRACT

This research work was carried out in the Fruit and Vegetable Laboratory of the Professional Academic School of Engineering in Food Industries (2H-109), of the National University of Cajamarca, with the goal of extracting pectin from the peel of Valencia orange peel by the method of hydrolysis in acid medium, and precipitation with ethyl alcohol, to determine the pH value and extraction time, to obtain the pectin yield of the orange peel (*Citrus sinensis* L.).

The orange peels were boiled for the inactivation of enzymes and then subjected to acidic hydrolysis with citric acid and precipitation thereof with alcohol 96 %. Two pH (2.5 and 3) and two-stroke (45 and 60 minute) values were tested, under the completely randomized design (DCA) with 2 x 2 factorial array, and three repetitions.

Results of the variance analysis (ANOVA) indicated that there are significant differences between pH factor levels, obtaining the highest extraction of one (0.91%) of pectin at a pH of 2.5 and the lowest extraction (0.69%) of pectin at a pH of 3. Among the time factor levels no significant differences were found, the highest result is (0.86%) of pectin obtained with a time of 60 minutes and the lowest is (0.84%) of pectin with 45 minutes. According to the pectin results it has an inversely proportional relationship to pH.

Keywords: Orange, albedo, pectin, peel, pH, extraction time.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La naranja pertenece a la familia de las Rutáceas, crecen en países de clima cálido y templado, siendo el continente africano donde más especies se pueden encontrar. Las especies de este género son arbustos o árboles, con hojas simples, flores blancas, el fruto es una baya. Es un cultivo perenne, de crecimiento erecto ramificado, crece hasta los 12 m de alto y 25 cm de diámetro (FAO 2011).

Perú ocupa el cuarto lugar en producción de cítricos a nivel de hemisferio sur, detrás de Brasil y Sudáfrica. A nivel global, ocupa el puesto catorce, actualmente cuenta con cerca de 70 000 ha de plantación de cítricos, la mayor área de cultivo lo ocupa la naranja (25 000 ha), seguida del limón ó lima sutil (20 000 ha), la mandarina (15 000 ha), el tangelo (5 000 ha) y por último la toronja, limón dulce y otros híbridos de naranja y mandarina que completan las 70 000 ha (FAO 2013).

La principal región productora en el 2016 fue Junín con 55% de la producción nacional. Le siguieron San Martín (11%), Lima (7%), Ica (6%), Puno (5%) y Cusco (5%) (MINAGRI, 2017).

La naranja (*Citrus sinensis* L.) tiene una forma esférica de un diámetro que oscila entre 6 a 10 cm, consta de varios carpelos o gajos, cada uno de los cuales contiene pulpa de colores variables, entre anaranjado y amarillos, con varias semillas y numerosas células jugosas cubiertas por un exocarpo coriáceo o cáscara de color anaranjado cuyo interior es blanco, el cual contiene varias glándulas llenas de aceites esenciales. La pulpa contiene entre 8 y 12 gajos alargados y curvos, estos proporcionan un abundante jugo de sabor dulce con matices ácidos, más o menos fuertes dependiendo de la variedad. Contiene vitaminas, principalmente la C, además de otras como la B1, B2, B3, B5, B6 y E; sales minerales, ácidos orgánicos y pectinas (Toledo, 2008, citado por Córdova, 2018).

El albedo es una capa de tejido de color blanco, esponjoso y celulósico viene a constituir del 20 al 60 % en peso de la totalidad del fruto; contiene del 75 - 85

% de agua, mientras que sus principales componentes se encuentran distribuidos de la siguiente forma: azúcares en frutos maduros 44 %, celulosa 33 % y sustancias pécticas 20 % (Gomez *et al.* 2001).

Las pectinas son heteropolisacáridos que se presentan en la naturaleza como elementos estructurales del sistema celular de las plantas. Su componente principal es el ácido poligalacturónico, que existe parcialmente esterificado con metanol. Se encuentran principalmente en las frutas y vegetales, para aprovechar su capacidad para balancear el equilibrio del agua dentro del sistema (Herbstreith, 2001).

La pectina se obtiene de materiales vegetales que tienen un alto contenido de éstas, tales como manzanas, frutas cítricas, piña, guayaba dulce, tomate de árbol, maracuyá y remolacha. Según el tratamiento que se haga a las materias primas se obtienen diferentes calidades de pectinas, de acuerdo con las necesidades de los productos terminados. Estas pectinas son, en la actualidad, ingredientes muy importantes en la industria de los alimentos, para hacer gelatinas, mermeladas, helados, salsas, queso. También se emplean en otras industrias, como la farmacéutica, que requieren modificar la viscosidad de sus productos, y en la industria de los plásticos así como en la fabricación de productos espumantes, como agente de clarificación y aglutinantes (Gomez 1998, citado por Devia 2003).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Determinar el rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L.*) a diferentes valores de pH y tiempo de extracción

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L.*) a pH 2,5 y tiempos de extracción de 45 y 60 minutos.
- Determinar el rendimiento de pectina de la cáscara de naranja (*Citrus sinensis L.*) a pH 3 y tiempos de extracción de 45 y 60 minutos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

Glahn (2001) citado por Devia (2003), a través de un proceso convirtió la materia prima (cáscara de naranja) en una sal cálcica de la pectina en un medio líquido, para luego secarla, y así obtener la pectina, que cuando se pone en agua la absorbe para formar partículas estables de un diámetro medio equivalente mayor de 100 micrometros.

En otro método se encontró que la pectina puede hidrolizarse y extraerse del tejido vegetal, tal como la cáscara de naranja, sin adicionar un ácido. Así se logra solubilizar la pectina con alto contenido de metoxilos y luego recuperarlas por concentración y secado (Ehrlich 1997, citado por Devia 2003).

Sakai (1989) citado por Devia (2003), explica un proceso de índole biotecnológico para preparar la pectina, consiste en someter el tejido vegetal que contiene las sustancias pécticas a la acción de microorganismos del género *Bacillus*, cuya actividad permite la liberación y recuperación de las pectinas. Así se obtiene fácilmente una pectina de alto peso molecular con un buen rendimiento.

También es posible obtener la pectina a partir de la cáscara de la naranja por un proceso en el cual estas se someten a una extracción en contracorriente con una solución que tenga un solvente inmiscible en agua, para extraer los azúcares, los aceites esenciales y los bioflavonoides (Bonnell 1985, citado por Devia 2003). Las cáscaras tratadas con el solvente se secan para producir un material rico en celulosa y pectina. El extracto se diluye con una solución acuosa para hacer insolubles los aceites esenciales y lograr su recuperación.

Se puede obtener pectinas de muy buena calidad a partir de material vegetal aplicándole presión y calentamiento por microondas. Estas pectinas se caracterizan por presentar un alto peso molecular y una buena viscosidad (Fishman 2000, citado por Devia 2003).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de la naranja

La naranja pertenece a la familia de las Rutáceas, crecen en países de clima cálido y templado, siendo el continente africano donde más especies se pueden encontrar. Las especies de este género son arbustos o árboles, con hojas simples, flores blancas, el fruto es una baya. Es un cultivo perenne, de crecimiento erecto ramificado, crece hasta los 12 m de alto y 25 cm de diámetro. Dependiendo de la especie, produce de 3 a 5 años dependiendo de su propagación (semilla poliembriónica o injerto), crece a una temperatura que oscila entre los 13 y los 30 °C, la temperatura óptima promedio es de 23 °C y se cultiva a una altura superior a los 900 msnm (FAO 2011).

La naranja (*Citrus sinensis* L.) tiene una forma esférica de un diámetro que oscila entre 6 a 10 cm, consta de varios carpelos o gajos, cada uno de los cuales contiene pulpa de colores variables, entre anaranjado y amarillos, con varias semillas y numerosas células jugosas cubiertas por un exocarpo coriáceo o cáscara de color anaranjado cuyo interior es blanco, el cual contiene varias glándulas llenas de aceites esenciales. La pulpa contiene entre 8 y 12 gajos alargados y curvos, estos proporcionan un abundante jugo de sabor dulce con matices ácidos, más o menos fuertes dependiendo de la variedad. Contiene vitaminas, principalmente la C, además de otras como la B1, B2, B3, B5, B6 y E; sales minerales, ácidos orgánicos y pectinas (Toledo, 2008, citado por Córdova, 2018).

2.2.2. Producción de naranja

La producción de naranja mostró una tendencia ascendente, de modo que, en el 2000 la producción nacional fue 255,7 miles de toneladas, en tanto que el año (2016) alcanzó la máxima producción de los últimos 17 años (492 mil toneladas). Este aumento de la producción se explica por el incremento de las áreas cosechadas (subió en 4% por año) y a las mejoras en el rendimiento (2% anual). Las principales regiones que contribuyeron a esta expansión fueron Junín, Cusco, San Martín, Lima e Ica.

La producción nacional de naranja en el 2016, fue 491 999 toneladas, cantidad mayor en 35 844 toneladas respecto a lo que se produjo en el 2015 (456 154 toneladas). La principal región productora en el 2016 fue Junín con 55% de la producción nacional. Le siguieron San Martín (11%), Lima (7%), Ica (6%), Puno (5%) y Cusco (5%) (MINAGRI, 2017).

En el 2015 el Perú estuvo en el 4to lugar en las exportaciones peruanas

de naranjas con 115 mil 123 toneladas métricas (TM), es decir, casi 300% más respecto a los resultados obtenidos 10 años atrás, cuando eran 30 mil 067 TM. En valor pasaron de US\$ 19 millones a US\$ 122 millones (MINAGRI, 2017).

Estados Unidos es el principal destino de las exportaciones de naranja de Perú, a donde se dirige 29.5% del total, le sigue el Reino Unido (23.5%), Holanda (17.9%), Canadá (9.1%), Ecuador (3.3%), Irlanda (3.3%), Chile (2.8%), Rusia (2.8%), Colombia (1.3%), China (1.1%), otros (5.3%). (MINAGRI, 2017; CAMEX, 2016).

2.2.3. Beneficios de los frutos de naranja (*Citrus sinensis* L., variedad valenciana)

La naranja (*Citrus sinensis* L., variedad valenciana) es una de las frutas más populares y saludables del mundo. Tiene un alto contenido de vitamina C. Su sabor, es agridulce. Como todas las frutas cítricas contienen de un 45 % de zumo, 20 a 40 % de piel y un 20 a 30 % de pulpa y semillas, aproximadamente un 90 % de su contenido es agua con un 5 % de azúcares (FAO 2007).

La naranja contiene infinidad de vitaminas y minerales muy beneficiosas para el organismo y, por ello, conviene que forme parte de nuestra alimentación diaria. Su rico contenido nutricional le ha otorgado numerosas propiedades para la prevención de ciertas dolencias, pues es un perfecto ingrediente depurativo, antioxidante, desinfectante, estimulante del sistema inmunitario, protector de células, entre muchas otras ventajas para la salud (Rivas, E, 2016).

2.2.4. Características de la naranja valencia

La naranja valencia es un cultivo tardío, su producción es de julio a agosto en zonas costeras y selva. Tiene alto contenido de jugo (50%) y alta concentración de sólidos solubles. Es de forma redonda u oval, su peso aproximado es de 140 a 180 g, piel firme, resistente y ligeramente granulosa, posee 6 pepas y a veces sin ella (Aquino, 1995, citado por Aucayauri, 2011).

La naranja valencia tiene las siguientes características: cáscara lisa y un poco gruesa, pulpa jugosa y poca semilla, tiene un sabor agridulce, es un árbol que se adapta muy bien en la selva alta, no aguanta el frío, tiene buen rendimiento y es de maduración temprana (Melgar, 1989, citado por Aucayauri, 2011).

La variedad valencia presenta un color de cáscara amarillo claro, los grados brix varia de 9,5 a 11,5, la acidez de 1,91 a 1,79 y su destino es para jugo e industria. El rendimiento promedio en el Perú en el año 2002 fue de 13,26 t. ha-1 (Technoserver, 2004, citado por Aucayauri, 2011).

2.2.5. Composición química del fruto de la naranja

La naranja contiene numerosos compuestos o nutrientes muy importantes para la nutrición que le confieren características específicas al jugo, relacionadas con su calidad de consumo y son de importancia para los procesos tecnológicos de la industria, entre los cuales se encuentran aminoácidos esenciales y compuestos nitrogenados, flavonoides, sustancias pécticas, constituyentes volátiles del sabor, vitaminas C, A, E, B6, tiamina, riboflavina, niacina, ácidos fólico, ácido pantoténico, elementos minerales y lípidos, entre otros, son componentes que fortalecen a la circulación y propiedades anticancerígenas del estómago (FAO 2010).

En su composición química (Tabla 1), también cabe destacar la elevada cantidad de ácido ascórbico o vitamina C que contiene (una naranja de tamaño medio aporta 82 mg de vitamina C, siendo 60 mg la ingesta recomendada al día para este nutriente), esta vitamina C favorece la absorción intestinal del hierro. Las naranjas aportan carotenoides con

actividad provitamínica A (alfacaroteno, betacaroteno y criptoxantina. También contiene otros carotenoides sin actividad provitamínica A, como la luteína y la zeaxantina, que están presentes en la retina y el cristalino del ojo, se asocian inversamente con el riesgo de padecer cataratas y degeneración macular (Moreiras 2009).

Las naranjas presentan en su composición ácidos orgánicos, como el ácido málico y el ácido cítrico, que es el más abundante. Este último es capaz de potenciar la acción de la vitamina C, favorecer la absorción intestinal del calcio, y facilitar la eliminación de residuos tóxicos del organismo, como el ácido úrico. (Moreiras 2009).

Además, contienen importantes cantidades de los ácidos hidroxicinámicos, ferúlico, caféico y p-cumárico, ordenados de mayor a menor en función de su actividad antioxidante. Las naranjas son ricas en flavonoides, los más conocidos son: hesperidina, neoshesperidina, naringina, narirutina, tangeretina y nobiletina, a los cuales se les han atribuido múltiples funciones. Cuando se consume esta fruta en forma de zumo varían sus características nutricionales, ya que éste apenas contiene fibra y tiene menores cantidades de vitaminas y minerales que la naranja entera. En cualquier caso, lo ideal es tomarlo recién exprimido, para evitar las pérdidas de vitamina C (Moreiras 2009).

Tabla 1. Composición química de la naranja por cada 100 g de fruto.

Elementos	Pulpa (%)	Piel (%)
Agua	89,4	78
Ácidos libres	0,65	0,12
Glucosa	4,44	7,35
Sacarosa	2,96	2,25
Lípidos	0,12	0,42
Proteína	0,77	1,24
Celulosa	0,23	1,84
Lignina	0,04	0,84
Cenizas	0,32	0,05

Fuente: (Praloran 2006)

2.2.6. Partes del fruto naranja

Las partes de la naranja son el endocarpo (gajos), el mesocarpo o albedo y el epicarpo o flavedo (Figura 1). El endocarpo es lo que denominamos pulpa de la fruta, mientras que la piel se compone de mesocarpo y epicarpo, o albedo y flavedo. Si el albedo es la parte blanca de la piel de los cítricos, el flavedo es la parte más visible de la piel, la que tiene el color que corresponda al cítrico (verde, amarillo, naranja, rojo y otros) y la que contiene las glándulas de aceite aromático, con las que se enriquecen tantas recetas de cocina (Rodríguez *et al.* 2004).

Aunque parezca que el albedo sea un segmento siempre desechado de estas frutas, en realidad tiene sus virtudes, pues es la parte de la piel que contiene más pectinas, que, entre otras cosas, son necesarias para la elaboración de las mermeladas. El albedo puede ser más grueso o más fino, más esponjoso o duro, dependiendo del cítrico del que se trate.

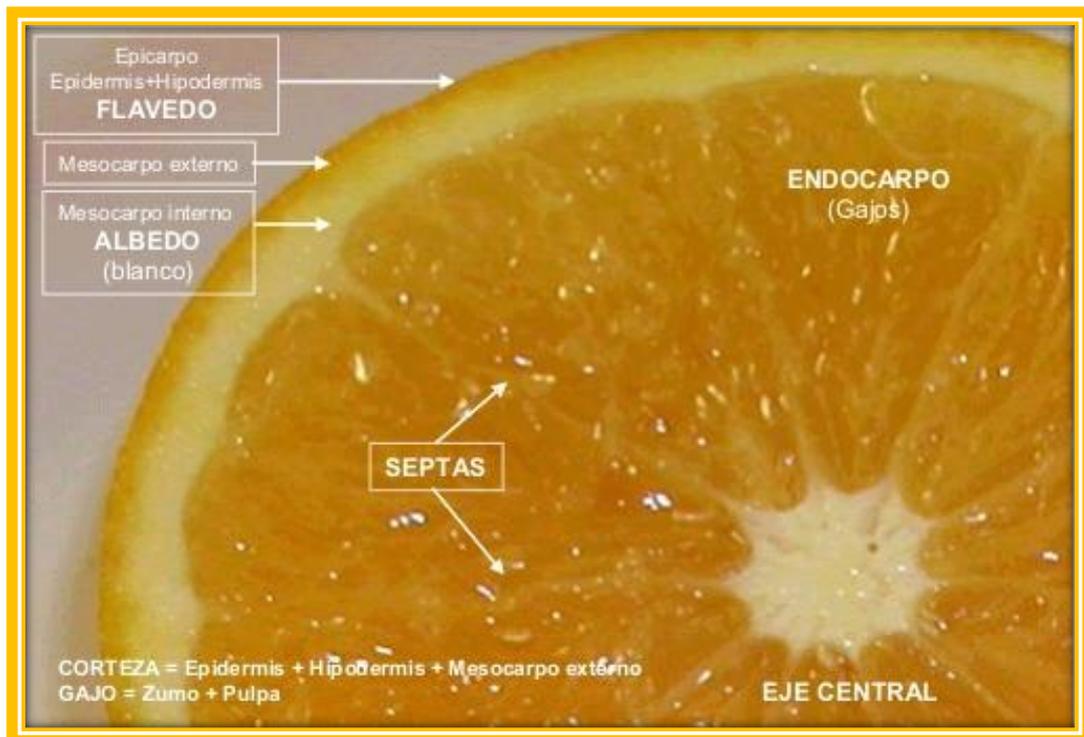


Figura 1. Partes de la naranja (*Citrus sinensis* L.).

a) El albedo

Según Rivero (2003), el albedo o mesocarpo de la naranja es la parte blanca esponjosa que se encuentra entre el endocarpo (pulpa) y el exocarpo (flavedo) y cuya finalidad es de servir de unión entre las partes mencionadas, es la parte que contiene más pectinas y se utiliza principalmente para la realización de mermeladas. Los compuestos que conforman la estructura del albedo indicando que los compuestos que prevalecen son los azúcares, entre los cuales predomina la glucosa (63 %), la fructosa (20 %) y la sacarosa (16 %).

El porcentaje de compuestos pécticos total en el albedo y la pulpa permanece constante durante la mayoría del periodo de crecimiento. Se ha encontrado que el albedo (o parte pulposa del fruto) viene a constituir del 20 al 60 % en peso de la totalidad del fruto; contiene del 75 - 85 % de agua, mientras que sus principales componentes se encuentran distribuidos de la siguiente forma: azúcares en frutos maduros 44 %, celulosa 33 % y sustancias pécticas 20 % (Tabla 2) (Gomez *et al.* 2001).

Tabla 2. Compuestos principales que constituyen la estructura del albedo de naranja.

Composición del albedo	
Agua	75,0 %
Azúcares	9,0 %
Celulosa y lignina	6,5 %
Sustancias pécticas	4,0 %
Glucósidos (principalmente hesperidina)	3,5 %
Ácidos orgánicos	1,5 %
Otras sustancias	0,5 %
TOTAL	100,0 %

Fuente: Ángel Fálder Rivero, "Enciclopedia de los Alimentos", 2003

b) Cáscara de naranja

La cáscara de naranja es una fuente rica en productos naturales importantes para la nutrición y salud humana. Entre los productos nutricionales que ya han sido obtenidos de la cáscara de naranja se encuentra la pectina y el ácido cítrico (Manthey y Grohmann, 1996)

La cáscara de los cítricos es rica en pectina, modificándose su contenido según la estación y la variedad. Esta sustancia se asocia con la celulosa y le proporciona a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua. La celulosa tiene un importante rol en la estructura ya que le da rigidez a las células, mientras que la pectina confiere la textura (Rodríguez *et al.* 2004).

La composición química de la cáscara de naranja, no se ha estudiado con detenimiento, sin embargo, se conocen en forma general los constituyentes de cada uno de sus tejidos. En el flavedo o epicarpio encontramos pigmentos carotenoides, vitaminas y aceites esenciales, en el albedo o mesocarpio están presentes celulosas, carbohidratos solubles, protopectina, pectina, azúcar, aminoácidos y minerales (Moposita y Núñez, 2012)

Las cáscaras de naranja son una fuente abundante de carbohidratos que tienen muchas propiedades beneficiosas para la salud. La pectina, un tipo de carbohidratos en la cáscara de naranja, tienen propiedades “prebióticas”. Estos carbohidratos prebióticos, también conocidos como oligosacáridos, se encuentran en ciertas frutas y vegetales. Prebióticos son comidas o nutrientes no digeribles que aumentan el crecimiento de bacterias probióticas beneficiosas en el intestino grueso. Bacteria prebiótica estimula salud y previene el crecimiento de patógenos alimentarios (Praloran, 1977).

b. Beneficios de la cáscara de naranja

Las cáscaras de las naranjas son una fuente abundante de carbohidratos que tienen muchas propiedades beneficiosas para la salud, según un estudio realizado por un grupo de investigadores del Servicio de Investigación Agrícola, en Estados Unidos, quienes dirigidos por el químico Arland T. Hotchkiss, de Pensilvania, han demostrado que la pectina, un tipo de carbohidrato presente en la cáscara de la naranja, tiene propiedades “prebióticas”. Estos carbohidratos prebióticos, también conocidos como oligosacáridos, se encuentran en ciertas frutas y vegetales. El uso de estas sustancias ha empezado a generalizarse en productos alimenticios y en alimentos para animales (Maposita y Nuñez, 2012).

2.3. Pectina

2.3.1. Origen

La pectina fue descubierta en 1790 cuando Vauquelin encontró primeramente una sustancia soluble de los zumos de fruta. El científico francés Braconnot continuó el trabajo de Vauquelin y encontró que "una sustancia ampliamente disponible de plantas vivas y ya observada en el pasado, tenía propiedades gelificantes cuando se le añadía ácido a su solución". La llamó "pectina ácida" del griego "pectos" que significa sólido, coagulado (Belitz *et al.* 2012).

Las pectinas son sustancias que se encuentran en los tejidos blandos de las frutas y plantas. Tienen la propiedad de formar gelatinas en presencia de azúcares, calor y un medio ácido débil. Se utiliza para espesar algunas mermeladas y otras conservas (Durand 2008).

La pectina es un carbohidrato natural, que se encuentra en las paredes celulares de casi todas las frutas y plantas. Se forma durante el crecimiento de estas. Es una sustancia coloidal que bajo ciertas condiciones es capaz de formar un gel, y es esta propiedad, sobre todas las otras, la principal razón de su extendido uso. En las plantas se encuentra asociada con otras sustancias denominadas protopectina (Cheftel 1976)

Las pectinas son polisacáridos constituidos por cadenas largas de unidades de ácido D - galacturónico unidas entre sí por enlaces a (1 - 4) (Figura 2) que forman el ácido poligalacturónico en los cuales hay una esterificación parcial de los grupos carboxilo con alcohol metílico. Pequeñas cantidades de azúcar, galactosa, rabinosa, raminosa, pueden formar parte de la cadena (Oakenfull, 1999). Se encuentran localizadas a nivel de lámina media y de la pared celular primaria de los vegetales, desempeñan un papel muy importante en el desarrollo de los frutos, ya que están íntimamente asociadas a la pérdida de consistencia de las mismas, bien sea producida por la maduración o inducida por algún proceso tecnológico (Núñez *et al.* 1998).

La pectina está formada por poliácidos compuestos, esencialmente por cadenas de ácidos galacturónicos unidos en alfa 1 – 4. (Rodríguez *et al.* 2004).

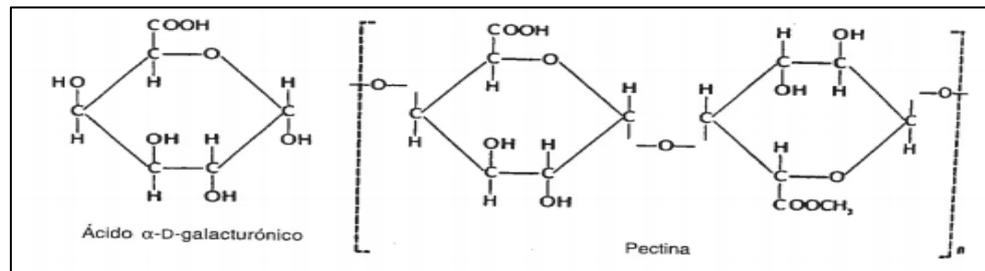


Figura 2. Estructura química de la pectina (Vaclavik 2002).

Las pectinas son ácidos pectínicos (Figura 2) que están formadas por diecisiete monosacáridos diferentes, organizados en distintos polisacáridos, a partir de más de veinte diferentes enlaces, formando una red que los une, agrupados en diferentes tipos de cadena, constituido por ácido urónico, hexosas, pentosas y metilpentosas (Heredia *et al.* 2003).

La pectina se encuentra en los frutos bajo una forma insoluble conocida como protopectina, la cual es convertida fácilmente en la forma soluble por hidrólisis suave. Esta solución de pectina puede precipitarse con alcohol o mediante salado, después se lava y se seca, obteniendo ácidos pectínicos (pectinas) (Rodríguez *et al.* 2004).

La hidratación de la pectina se lleva a cabo con agitación y adición de azúcar, y para la formación del gel es necesario llevar hasta una temperatura de ebullición durante 1-2 minutos. (Bedolla *et al.* 2013)

Las pectinas se clasifican de acuerdo a su grado de gelificación en:

- a) De gelificación lenta: grado de esterificación 60 y 66 %, temperatura de formación de un gel de 45 a 60 °C.
- b) De gelificación semirápida: grado de esterificación entre 66 y 70 %, temperatura de formación de gel de 55 a 75 °C.
- c) De gelificación rápida: grado de esterificación entre 70 y 76 %. Temperatura de formación de gel de 75 a 85 °C (Bedolla *et al.* 2013)

El grado de pectina se define como la medida del poder de gelificación, generalmente se mide en unidades convencionales denominadas °SAG que son igual al número de gramos de sacarosa capaces de gelificar un gramo de pectina, dando un gel de °Brix, pH y consistencia determinadas (Bedolla *et al.* 2013).

2.3.2. Localización y estructura de las pectinas

Las pectinas constituyen una parte sustancial de las materias estructurales de los tejidos como el parénquima de las frutas y de las raíces carnosas. No se sabe con certeza la naturaleza exacta de la pectina tal como se encuentra en los tejidos vegetales (Coulter 2002).

2.3.3. Caracterización de las pectinas

Para caracterizar las pectinas, la tecnología utiliza términos especiales ya que por medio de ellos se explica el comportamiento y uso de las mismas: grado de metoxilación, grado de gelificación, temperatura y tiempo de gelificación, velocidad de formación del gel y, presencia o no de buffer (Bulmer 2002).

El grado de metoxilación corresponde al número de grupos metoxilos que se encuentran esterificando los grupos carboxilos del ácido galacturónico siendo un factor importante en el poder de gelificación del producto (Pilgrim 2002). El grado de gelificación o poder gelificante de la pectina se expresa como grado °SAG, corresponde a la cantidad de sacarosa que gelifica un gramo de pectina bajo condiciones estándar de pH, 2,8 – 3,4 y una concentración de sólidos solubles de 65 °Brix (Hoefle 2002).

El tiempo y la temperatura de gelificación se definen como el tiempo transcurrido entre el momento en que todos los ingredientes necesarios para formar el gel están presentes en la proporción correcta en la solución calentada al momento en que se desarrolla una masa coherente a una temperatura (Doesburg y Grevers 1990).

La velocidad de formación del gel depende del contenido de metoxilos de la pectina, por lo tanto, puede ser de gelificación rápida o lenta (Villalobos 1999). Los citratos de sodio y potasio, varios fosfatos y pirofosfatos de sodio se emplean mezclados con la pectina para estabilizar el pH del medio en el cual ella va a actuar (Villalobos 2003).

2.3.4. Propiedades químicas

Las propiedades físicas, bioquímicas y funcionales de las pectinas son de gran interés para una gran cantidad de científicos y tecnólogos en alimentos, ya que la pectina puede ser clasificada como un polisacárido complejo, una fibra importante y un factor nutricional ubicuo, así como un agente gelificante de alimentos. (Córdova *et al.* 2014).

Las variaciones en el grado de metilación son causadas principalmente por ciertos factores como son:

- a) El grado de metilación que ocurra durante la extracción y purificación de la pectina.
- b) Diferentes contenidos de grupos metoxilos de las sustancias pécticas en su estado natural.
- c) Dilución de las sustancias pécticas por materiales adjuntos como son arabinosa y galactosa (Rodríguez *et al.* 2004).

2.3.5. Variables a tomar en cuenta en el proceso de extracción de pectina

a) Materia prima

Según Aza (2011), menciona que la preparación de los productos mínimamente procesados implica operaciones de limpieza, lavado, recortado, rebanado, triturado y otros pasos de procesamiento, muchos de los cuales incrementan la perecebilidad de los vegetales. En el momento de la cosecha el pH evoluciona al progresar la madurez la cual puede ser perjudicial para el proceso.

b) Temperatura

Según Catacora (1995) la temperatura es uno de los factores muy importantes y críticos en la extracción de pectina, cualquier sistema que

contenga pectina, tiene un límite superior de temperaturas por encima de la cual la gelificación nunca ocurrirá. Por debajo de esta temperatura crítica, las pectinas de bajo metoxilo gelifican casi instantáneamente mientras que la gelificación de las de alto metoxilo depende del tiempo. En contraste con las pectinas de alto metoxilo. Las de alto no son termorreversibles.

c) Peso molecular de la pectina

Según Badui (2005), el peso molecular de la pectina, relacionado con la longitud de la cadena, es una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en la gelificación de las jaleas. La determinación cuidadosa del peso molecular es difícil, parcialmente debido a la extrema heterogeneidad de las muestras y parcialmente debido a la tendencia de las pectinas a agregarse

d) pH

Para Badui (2005), la pectina es un ácido con un pH de aproximadamente 3,5. Un porcentaje alto de grupos ácido disociados respecto a no disociados hace la pectina más hidrofílica. Por lo tanto, la tendencia a gelificar aumenta considerablemente al bajar el pH.

Esto se hace especialmente evidente en pectinas de alto metoxilo las cuales requieren normalmente un pH por debajo de 3,5 para gelificar.

e) Precipitación

Catacora (1995), manifiesta que las pectinas, después de haber sido sometidos a una ebullición prolongada en agua pura o ligeramente acidulada, es fácilmente precipitada por adición de alcohol o acetona, que actúan como agentes deshidratantes, en forma de una suspensión gelatinosa, que volverá a ser soluble en agua.

Cuando la precipitación se logra por adición de alcohol o acetona en más de un 60% la pectina precipita en forma de hilos, fibras y masas esponjosas.

f) Solubilidad

Braverman (2010), indica que, una vez lograda la precipitación de la pectina, ésta puede ser secada y convertida en polvo siendo el tamaño de la partícula un factor importante. La solubilidad de la pectina será rápida cuando muestre un alto grado de dispersión, de lo contrario al adicionarle agua tenderá a formar grumos viscosos por fuera y secos por dentro, por esta razón es recomendable que la pectina se mezcle siempre antes con un poco de azúcar (5 - 8 veces su peso), sales amortiguadoras, o también humedecer con etanol antes de añadir agua.

Al adicionarles pequeñas cantidades de iones metálicos como aluminio, cobre, níquel, hierro, etc., se logrará un aumento en la dispersión. La dispersibilidad de las partículas está en función del revestimiento con una capa delgada de iones tales como: aluminio, níquel, cromo y cobre.

g) Degradación de las pectinas

Según Aza (2011) las pectinas una vez liberadas de sus enlaces con la celulosa pueden degradarse según dos procesos diferentes:

- **Despolimerización:** El calentamiento en medio ácido o la acción de las hidrolasas (pectinasas), origina algunas incisiones de la cadena en trozos más cortos. La acción de estas enzimas se lleva a cabo a un pH óptimo de 4 o menos. En la despolimerización sólo se produce la ruptura de los restos de ácido galacturónico no metilado (Soto 2009).
- **Desmetilación:** Durante el madurado de las frutas ocurren variaciones en la metilación, es decir con la maduración disminuye el grado de metilación. La acción de alcoholes aún en frío, de ácidos, álcalis y de enzimas como la pectinometilesterasa produce la desesterificación de las pectinas (Soto 2009).

h. El azúcar y otros solutos similares

Estos hidratos de carbono, tienden generalmente a deshidratar las moléculas de pectina en solución cuantos más sólidos en solución hay menos agua disponible para actuar como disolvente de la pectina y por lo

tanto la tendencia a gelificar se favorece. En valores de sólidos solubles superiores al 85 % el efecto deshidratante es tan fuerte que la gelificación de la pectina es muy difícil de controlar. Las pectinas de alto metoxilo gelifican a valores de sólidos solubles por encima del 55 % (Alfonso 2010).

Para cada valor de pH en el cual la gelificación es óptima y un rango de pH en el cual la pectina se puede gelificar. Las pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar a cualquier valor de sólidos solubles. La temperatura de gelificación disminuye al disminuir el contenido de sólidos solubles (Alfonso 2010).

2.3.6. Clasificación de las pectinas

a) Según el grado de esterificación se clasifican en

- **Pectinas de bajo metoxilo**

Este tipo de pectinas (Figura 3) poseen la mayoría de los grupos carboxilo libres. Son aquellas en las cuales menos del 50 % de los grupos hidroxilo están esterificados con metanol, se estima que solo del 20 % al 40 % de los grupos carboxilo están esterificados. Por lo tanto, la mayoría están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes como el calcio. En éste caso la formación del gel ocurre por la formación de enlaces entre los cationes con moléculas de pectina, formando una red tridimensional con los grupos carboxilo de ésta. Los geles se pueden obtener entre pH 1 a 7; el pH no afecta la textura del gel ni el intervalo de sólidos solubles, el cual puede fluctuar entre 0 y 80 %, pero la presencia de calcio (40 a 100 mg) es el factor predominante en la formación del gel (Vaclavik 2002).

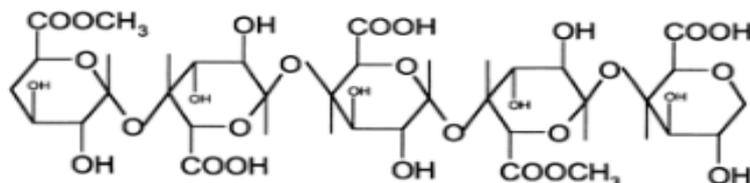


Figura 3. Estructura química de pectinas de bajo índice de metoxilo (Vaclavik 2002).

- **Pectinas de alto metoxilo**

Estas pectinas (Figura 4) poseen la mayoría de los grupos carboxilo esterificados, normalmente entre el 50 % al 58 %. Por lo tanto, la mayoría de grupos ácidos no están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes. Por lo tanto, estas pectinas no forman geles de esta manera. El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye mucho sobre sus propiedades, en particular, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Estas pectinas son capaces de formar geles en condiciones de pH entre 2,8 y 3,5, además con un contenido de sólidos solubles (azúcar) entre 60 % y 70 % (Vaclavik 2002).

Las pectinas de alto metoxilo pueden subdividirse en 2 grupos: las de gelificación rápida (Rapidset), o sea menor a 5 minutos con un grado de esterificación con metanol entre el 68 y el 75 % y las de gelificación lenta (Slowset), es decir gelifican después de 5 minutos y tienen entre 60 y 68 % de esterificación con metanol (Vaclavik 2002).

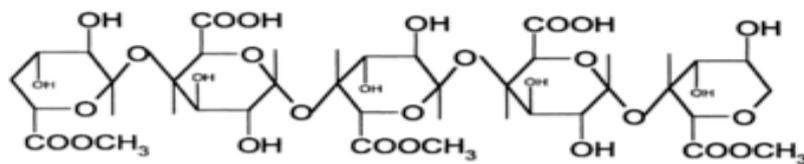


Figura 4. Estructura química de pectinas de alto índice de metoxilo. **Fuente:** (Vaclavik 2002).

- **Pectina de gelificación rápida**

Belitz (2009) manifiesta que con un grado de metoxilación de por lo menos el 70 %, que forma geles con adición de azúcar y ácidos a pH de 3,0 y 3,4; y a temperaturas superiores a los 85 °C. Esta pectina produce el espesamiento o gelificación al poco tiempo de ser agregada. Esto mantiene las frutas y las partículas de pulpa uniformemente en todo el lote o en los envases, evitando el problema de "flotación".

- **Pectina de gelificación lenta**

Según Belitz (2009), con un grado de metilación entre el 50 y 70 %, que forma geles con azúcar y ácido a pH óptimo entre 2,8 y 3,2 y su gelificación puede empezar a temperaturas menores a 85 °C. El uso de esta pectina evita que la jalea se solidifique antes de ser colocada en los envases.

- **Pectina de gelificación a velocidad mediana**

Badui (2005), menciona que son usadas para la fabricación de mermeladas destinadas a ser empacadas en recipientes pequeños (máximo 1 Kg.), ya que la rapidez de gelificación evita que la fruta en trozos flote durante la fase de enfriamiento. Estas pectinas son también empleadas para aquellos productos que requieren un valor relativamente alto de pH (pH=3,0 y 3,5 para 65 % de sólidos solubles)

2.3.7. Propiedades físicas y químicas de la pectina

Como polímeros del ácido galacturónico, las pectinas tienen muchas propiedades físicas y químicas únicas, debidas principalmente al grupo carboxílico presente en las unidades de la cadena (Piza 1984).

a) Solubilidad

La pectina es casi completamente soluble en agua a 25 °C, pero a pesar de su solubilidad forma grumos viscosos, por lo tanto, para una dilución más rápida se adicionan sales amortiguadoras, azúcar o se humedece con alcohol (Lippincott y Wilkins 2000). La pectina también es soluble en formamida, dimetilformamida y glicerina caliente e insoluble en solventes orgánicos, soluciones de detergentes cuaternarios, polímeros, y proteínas (Cubero *et al.* 2002).

b) Viscosidad

La pectina en agua forma soluciones viscosas dependiendo de su peso molecular, grado de esterificación, pH y concentración electrolítica de la solución. Las soluciones de pectina completamente esterificadas no

cambian apreciablemente su viscosidad al variar el pH, pero al disminuir el grado de esterificación la capacidad de formar geles se vuelve dependiente del pH. El calcio y otros iones polivalentes aumentan la viscosidad de las soluciones de pectinas y algunas pectinas de bajo metoxilo pueden gelificar si la concentración de calcio supera un cierto límite (Cubero *et al.* 2002).

c) Acidez

Las pectinas son neutras en su estado natural, en solución tienen carácter ácido el cual depende del medio y del grado de esterificación. El pH de las soluciones de pectina varía entre 2,8 y 3,4 como función del grado de esterificación. La pectina tiene una constante de disociación de $0,1$ a 10×10^{-4} a 19° C (Ortuño 1999).

d) Poder de gelificación

Un gel de pectina puede considerarse como un sistema en el cual el polímero está en una forma entre completamente disuelto y precipitado. Segmentos de la cadena molecular están juntos por cristalización limitada para formar una red tridimensional, en la cual el agua, el azúcar y otros solutos se mantienen unidos por los puentes de Hidrógeno; la aproximación necesaria de las cadenas pectínicas es posible por la acción deshidratante del azúcar y por la pérdida de electronegatividad de las cadenas del ácido péctico. El poder gelificante de un ácido pectínico, depende primeramente de su tamaño molecular, pero esta relación no se conoce muy bien. No hay mucha concordancia entre los pesos moleculares obtenidos por distintos métodos, ni tampoco es muy satisfactoria su relación con el comportamiento coloidal. La capacidad de gelificación y características intrínsecas del gel también dependen de la pureza (Ortuño 1999).

e) Peso molecular

Los pesos moleculares de las pectinas y su distribución han sido estudiados sistemáticamente por viscosimetría, determinando que los pesos moleculares variaban entre $20\ 000$ g/mol a $300\ 000$ g/mol. El peso molecular de la pectina, está relacionado con la longitud de la cadena, es una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus

disoluciones y su comportamiento en la gelificación o formación de jaleas. La determinación cuidadosa del peso molecular es difícil, debido a la extrema heterogeneidad de las muestras y a la tendencia de las pectinas a agregarse, aún bajo condiciones no favorables a la gelación (Ortuño 1999).

f) Acción de agentes químicos, físicos y bioquímicos

Otra propiedad importante de las pectinas es la degradación que presentan por agentes químicos, físicos y/o bioquímicos (Suarez, 2014).

- **Acción de los ácidos**

En medio ácido, las pectinas sufren primero desmetoxilación o desesterificación y después la hidrólisis de los enlaces glicosídicos con la consecuente ruptura de la cadena o depolimerización, la cual predomina con el aumento de la temperatura (Piza 1984). Los ácidos solubilizan la protopectina, por esta razón se emplea un medio controlado en los procesos de extracción de la pectina; aceleran la separación de los metoxilos, si su efecto se continúa se afectan los enlaces glicosídicos 1 – 4 y se pueden romper, y a un pH fuertemente ácido, temperaturas altas y tiempos largos, se presenta la decarboxilación con formación de CO₂ y furfural (McCreedy y Owens 1944). A bajas temperaturas predomina la saponificación y altas temperaturas la depolimerización (Walton y Sinclary 1984).

- **Acción de las bases**

Los medios alcalinos también actúan sobre los grupos ester metílicos; estos pueden ser eliminados a bajas temperaturas sin que ocurra necesariamente la depolimerización. Esta propiedad es aprovechada en la producción comercial de pectinas de bajo metoxilo (Piza 1984). La adición de hidróxido de sodio permite obtener primero las sales ácidas, luego los pectinatos neutros y después ocurre el fenómeno de desmetoxilación o sea rompimiento de los ésteres metílicos (McCreedy 1944).

- **Acción de las enzimas**

Otra degradación importante sufrida por las sustancias pécticas durante el desarrollo, maduración, transporte y deterioro mecánico de las frutas antes del proceso, se da por acción de las enzimas pectinolíticas presentes en todas las frutas y hortalizas. Sobre las pectinas pueden actuar la pectinmetilesterasa (PME) y la poligaractunosa (PG). La primera ataca a los grupos carboxilo esterificados con metanol, liberando los grupos ácidos y el metanol, y la poligaractunosa ataca las uniones de las unidades de ácido galacturónicos disminuyendo el peso molecular, cambiando así todas las propiedades que dependen de éstas características. Las enzimas pectinolíticas son producidas por hongos y bacterias, para fabricar industrialmente pectinas con características especiales. (Contresas *et al.* 2003).

2.3.8. Usos y aplicaciones de la pectina

La pectina es un aditivo esencial en la producción de muchos alimentos por sus propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes. Las diversas aplicaciones crean la necesidad de diferentes tipos de pectina comercial (IPPA, 2014):

- Las pectinas de gelificación rápida se usan tradicionalmente en mermeladas.
- Las pectinas de gelificación lenta se utilizan en salsas, jaleas, productos de panadería, confitería, etc.
- Las pectinas estabilizantes se emplean en productos proteínicos ácidos, tales como, yogurt, suero y bebidas de soya.
- Las pectinas de bajo metoxilo se utilizan en diversos productos bajos en azúcar, preparaciones de fruta para yogurt, geles de postres y salsas. También, se pueden utilizar en productos altamente azucarados de alta acidez como conservas que contengan frutas ácidas.

2.3.9. Importancia y aplicación industrial de la pectina

a) Aplicaciones en la industria alimenticia

En el sector industrial, los polisacáridos pécticos promueven el aumento de la viscosidad, actúan como coloide protector y estabilizador en alimentos y bebidas. Las bebidas de bajas calorías son muy claras (de textura), por lo tanto, no otorgan la adecuada sensibilidad a la boca, como los proporcionados por el azúcar en los refrescos convencionales. La pectina permite mejorar la textura de tales productos, por ejemplo, en las mermeladas y la gelatina, las pectinas amidadas de bajo metoxilo, proporcionan la textura y el punto de congelación adecuados. En los sorbetes y helados, la pectina puede usarse para controlar el tamaño del cristal. La pectina de alto metoxilo preserva a los productos lácteos de la agregación de caseína cuando se calienta a valores de pH inferiores a 4.3. Este efecto se usa para estabilizar los yogurts líquidos que tienen un tratamiento ultra-calor (UHT) y también para mezclas de leche y zumos de fruta, a su vez estabiliza bebidas lácteas acidificadas con soja y productos basados en el trigo entre otros usos (Navarro *et al.* 2012).

b) Aplicaciones en la industria farmacéutica

La pectina es el grupo más grande de la fibra dietética, el cual incluye el grupo de los polisacáridos no amiláceos, junto con almidones, hemicelulosas, β -glucanos, entre otros. Aunque estos compuestos no son degradados por las enzimas humanas, puede ser la microflora natural, especialmente durante el paso a través del intestino (Navarro y Navarro 1985). La cadena de pectina se puede transformar en ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico y butírico) y dióxido de carbono por la acción de las bacterias productoras de enzimas pectinolíticas de *Aerobacillus* géneros *Lactobacillus*, *Micrococcus* y *Enterococcus*; Por lo tanto, la pectina tiene tendencia a ser poco laxante y estimula el crecimiento de microorganismos en el colon (efecto prebiótico) (Canteri 2012).

La acción antidiarréica, es la propiedad más universalmente conocida, incluso antes de descubrirse la molécula de pectina. Este efecto se acompaña frecuentemente de una acción antivomitiva, permitiendo a los

niños de corta edad asimilar y tolerar mejor los alimentos, en particular leches y productos lácteos, esto es consecuencia del papel protector y regulador del sistema gastrointestinal. Las pectinas de alto metoxilo asociadas a otros principios activos, tienen una gran utilización en los tratamientos de gastritis y úlceras, ya que al ser ingerida cubre las paredes estomacales de una especie de película más o menos gelificada, y la protege de hipersecreciones gástricas y biliares. Su acción en la pared intestinal es análoga; además, se añade una acción desintoxicante, debido al poder adsorbente de la macromolécula péctica, que permite la inhibición de toxinas (Navarro y Navarro 1985).

2.3.10. Métodos de extracción de pectina

A escala industrial el más utilizado es la hidrólisis ácida. Por esta razón se prueba este método con algunas modificaciones hasta obtener un proceso sencillo y acorde a nuestro medio, así se trabaja utilizando varios ácidos como el sulfúrico, clorhídrico tartárico y cítrico. La ventaja principal del hidrólisis es su alto rendimiento a comparación de otros métodos de extracción que poseen buena calidad, pero bajo rendimiento aparte de ser de muy alto costo de producción. Actualmente se conocen varios métodos de obtención de pectina como son (Calvo s.f).

- **Hidrólisis ácida**

El método más conocido para obtener pectina es la hidrólisis ácida, el cual consiste en someter al sustrato a una cocción en medio ácido, posterior filtración y purificación, con lo cual se logra separar la pectina presente del resto de compuestos de las cáscaras, para luego secarla y molerla hasta tener un fino polvo listo para comercializarlo. A la materia prima se las somete a una hidrólisis ácida, Generalmente se proponen valores de temperatura para la extracción de pectina con HCl que varían de 85 a 90 °C, pH de 1,6 a 2,0 y tiempos de extracción de 30 a 60 minutos. La pectina a partir de corteza de limón se lo puede extraer con ácido nítrico a pH 1,8 y 80 °C durante 60 minutos. (Studies 2009). Además, se señala que la influencia de la temperatura, tiempo de extracción y pH sobre las "unidades de

gelificación" en pectina de naranja se extraen a aún pH de 1,2; 1,6 y 2 y temperaturas de 75, 85, y 95 °C a 20, 40 y 60 minutos respectivamente (Pagán 1996).

- **Acción de enzimas**

Las pectinas pueden separarse de forma natural de los tejidos vegetales denominada protopectina cuando la fruta está extremadamente madura y cuando las enzimas actúan naturalmente sobre estas. Las enzimas pécticas se pueden clasificar dependiendo del tipo de actividad que catalizan, en dos grupos: las desesterificantes (pectina esterasas) y las despolimerizantes. Las primeras catalizan la hidrólisis de los ésteres metílicos del ácido poligalacturónico, liberando metanol al medio y convirtiendo las pectinas en ácidos pécticos. Las segundas son un grupo más numeroso de enzimas capaces de desdoblar las cadenas de ácido poligalacturónico de diverso grado de esterificación en unidades de menor tamaño (Granados, citado por Gilabert s.f).

- **Medio alcalino**

En el proceso de extracción de pectina en medio de un proceso alcalino utilizando hexametáfosfato como secuestrante. Secuestrar cationes (calcio, magnesio, cobre, hierro, etc.) de tal forma que no precipitan en forma de costras o de deposiciones, sino que quedan en disolución. A estos efectos también se puede utilizar el citrato sódico, fluoruro sódico o el EDTA. Con este método se puede obtener pectinas de buena calidad debido a que estos elementos forman compuestos como pectatos de calcio que mejoran la solubilidad de la pectina, pero son de bajo rendimiento (Zapana 2014).

2.3.11. Producción de Pectinas

La producción comercial de pectinas comenzó en 1908 en Alemania, a partir de los restos de la fabricación de zumo de manzana. Actualmente se obtienen de los restos de la extracción de zumo de manzana y, sobre todo, de los de la industria de los zumos de cítricos. (Knox 2002).

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.

El Perú, al igual que la gran mayoría de los países de Latinoamérica, no produce pectina ni sus derivados, importándose para cubrir la demanda de la industria alimentaria y farmacéutica (cuadros 1 y 2). De esta región solo México ha logrado apropiarse del mercado mundial, exportando cerca de 5 mil toneladas al año, con un importe de 45 millones de dólares. El precio promedio de pectina dentro del país es de US\$11,97 (Silva 2008)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación

La presente investigación se realizó en el laboratorio de Frutas y Hortalizas (2H-109), de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. Así mismo, la materia prima (naranja de la variedad valencia) proveniente de Chanchamayo, se obtuvo del supermercado El Quinde del distrito y provincia de Cajamarca.

3.2. Materiales

3.2.1. Material biológico

- Naranja variedad valencia
- Cáscara de naranja (albedo)

3.2.2. Material de laboratorio

- Buretas
- Vaso de precipitación
- Papel filtro
- Jarras de 1 L
- Guantes (térmicos, caucho ,industriales)
- Mesas
- Envases para muestras
- Cuchillos
- Ollas
- Agitador
- Filtro o colador
- Placa Petri

3.2.3. Equipo de laboratorio

- pH - metro
- Balanza analítica
- Estufa eléctrica

- Termómetro
- Cronometro
- Cocina
- Mortero

3.2.4. Reactivos

- Ácido cítrico
- Etanol 96 %
- Agua destilada

3.2.5. Otros materiales

- Lapiceros
- Mascarilla
- Calculadora
- Cámara fotográfica digital
- Papel bond A4
- Digitación
- Impresión

3.3. Metodología

3.3.1. Fase de campo

Al momento de adquirir las naranjas se debe tener en cuenta las características de la variedad, el tiempo de recolección, la zona en que se producen, y haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez (cáscara lisa y un poco gruesa de color amarillo claro).

Una vez comprado la materia prima (naranja de la variedad valencia) del supermercado El Quinde del distrito de Cajamarca se trasladó al Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería En Industrias Alimentarias (2H-109), de la Universidad Nacional de Cajamarca, donde se realizaron las evaluaciones correspondientes a la investigación.

3.3.2. Fase de laboratorio

En el laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (2H-109), de la Universidad Nacional de Cajamarca se llevó a cabo la investigación para determinar el rendimiento de pectina a partir de cáscara de naranja a diferentes concentraciones de pH (2,5 y 3) y dos tiempos (45 y 60 minutos)

3.4. Descripción de cada una de las etapas para la extracción de pectina.

- **Recepcion de la materia prima**

La naranja (*citrus sinensis L.*, variedad valencia) se revisó que esté en buenas condiciones y de calidad, color amarillo claro, entera, limpia, sin golpes y de consistencia firme, de textura razonablemente lisa y sin signos de putrefacción o descomposición. Esto permitirá tener un buen rendimiento y buena calidad de pectina.

- **Lavado y desinfectado**

Las naranjas se colocaron en recipientes metálicos, donde recibe chorros de agua y la desinfección con hipoclorito de sodio comercial al 5,25 %, con el fin de eliminar suciedad y otros residuos presentes en la materia prima, que alteren el proceso de extracción (Muñoz 2011, Zapana 2014 y Mueckay 2006)..

- **Inactivación de enzimas**

La operación de inactivación de enzimas se realizó con el propósito de hacer más eficiente el proceso de extracción, durante 15 minutos con agua a 85 °C se somete a las cáscaras a éste proceso, para controlar la proliferación de microorganismos que pueden degradar la materia prima

- **Hidrólisis ácida**

Para el proceso de hidrólisis ácida se utilizó el método abierto a la atmósfera; al albedo triturado se le agregó ácido cítrico hasta llegar a un pH = 2,5; 3,0; en una relacion de albedo/agua 1:3, esto quiere decir que para 200 g de muestra se le agrega 600 mililitros de agua hasta llegar a una temperatura de

85 °C y se mantuvo por un tiempo de 45 y 60 minutos, se adicionó ácido cítrico a una temperatura constante de 85 °C manteniendo agitación permanente, para evitar que el material sólido se depositara en el fondo. Proceso en que la protopectina (insoluble en agua) presente en la materia prima se transforma en pectina (soluble en agua), que luego es fácilmente separada del resto de componentes insolubles de la materia prima (celulosa especialmente). Es importante mencionar que para realizar la hidrólisis ácida se utiliza agua desmineralizada/destilada, con el propósito de eliminar especialmente los iones calcio, los cuales tienen un efecto negativo en el rendimiento del proceso (López y Vélez 2013, Meñaca y Ceron 2010).

- **Filtración**

La filtración en una o más etapas separan el extracto que contiene la pectina solubilizada de la insoluble, esto no es fácil ya que los sólidos son blandos y la fase líquida es viscosa. La filtración requiere la viscosidad bastante baja, y como una consecuencia la concentración de la pectina debe estar menos de 0.6 a 1%

Una vez que se suspende la agitación, se filtró la solución con ayuda de un tamizador industrial en una olla de aluminio para separar el material sólido y la solución líquida (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010).

- **Concentración**

En la extracción de pectina con mayor concentración de ácido, el pH del agua destilada tiende a bajar (1,5; 2,0 y 2.5) con formación de geles termorreversibles en diversos productos, permitiendo su gelificación. Mientras al agregar menor concentración de ácido el pH del agua destilada baja en mínimos niveles (5,5; 6,0 y 6,5), que no permite obtener pectina de buena calidad y por ende no cumple su función gelificante, este proceso depende de la calidad de pectina que se quiera, porque para una pectina blanca, no es conveniente la concentración, mientras que si se acepta la pectina con alguna coloración amarilla, se puede concentrar tanto como se quiera. Esta concentración tiene por objeto disminuir el uso del alcohol en el proceso de precipitación. Una buena alternativa es concentrar la solución a presión

reducida y a temperaturas menores de 65 °C. ya que la pectina es muy susceptible de degradación a temperaturas altas, para lo cual es necesario trabajar en condiciones de vacío. (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010). La concentración de una disolución es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente. La solución (pectina - ácido) se concentró hasta aproximadamente entre el 15 al 20 % de su volumen total utilizando una cocina industrial a baño maría y agitación constante, con la finalidad de disminuir los volúmenes a una temperatura de 65 °C. por 45 minutos.

- **Precipitación**

En la etapa de precipitación de las pectinas se puede concentrar hasta un 20% de sólidos solubles. También se puede recuperar por diferentes tipos de precipitaciones, como la precipitación con alcoholes (etanol), acetonas, Se prefiere alcoholes (etanol) porque como las pectinas se usan en la industria de los alimentos se deben evitar residuos. Los ensayos en el laboratorio se realizaron con alcohol (etanol) al 96 % . Por un tiempo de 30 minutos. (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010). Se seleccionó el método de precipitación con alcohol etílico porque facilita la purificación del producto eliminando restos de ácido e impurezas que puedan existir, para ello se utilizó alcohol (etanol) al 96 % en una relación de solución/alcohol (etanol) 1:2, esto quiere decir que para 100 ml de solución se le agrega 200 mililitros de alcohol (etanol), pasado una hora de precipitación se formó una solución bifásica. La fase superior se caracterizó por su textura gelatinosa compuesta principalmente de pectina, la fase inferior constituida por etanol, trazas de pectina y otros compuestos solubles.

- **Secado**

El proceso de secado de la pectina se realizó en un horno eléctrico a baja temperatura 40 +/- 5 °C, en una corriente de aire caliente, por unas doce horas, o al aire libre durante varios días, la temperatura no tiene que exceder los 65 °C, por cuanto la pectina es susceptible a degradación a altas temperaturas. Cuando se usa una estufa para el secado se observa que el color de la pectina se oscurece. (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010). El

proceso de secado de la pectina se realizó en estufa a una temperatura de 40 °C por 12 horas, según las condiciones descritas en otros estudios. El resultado de la pectina luego de haber pasado por el proceso de secado se tuvo un producto de color amarillo, el cual después de haber retirado de la estufa se dejó enfriar para luego realizar la molienda y así obtener un producto de tamaño uniforme.

- **Molienda**

Una vez secada la pectina se procedió a homogenizar el tamaño de sus partículas y mejorar su apariencia, por lo cual se procedió a moler en un mortero de porcelana hasta pulverización total, para tener un producto semejante al importado (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010).

- **Pesado**

Esta operación permitió determinar el valor de la masa total del producto final de cada una de las muestras evaluadas. Una vez finalizada la etapa de molienda se procedió a pesar la pectina obtenida para evaluar el rendimiento en base al peso del albedo para su efecto se utilizó una balanza gramera digital (Muñoz 2011, Zapana 2014 y Mueckay 2006).

- **Envasado**

El envasado es un método para conservar alimentos. La pectina pesada fue envasado en frascos de polipropileno adecuados para este tipo de extractos que aislen la humedad del producto, debido a que la pectina tiene un carácter higroscópico Aza, M y Méndez, M. (2011).

Las operaciones de secado y molienda, antes descritos, se realizaron en forma continua y el envasado se hizo lo más rápidamente posible, en frascos de polipropileno, para así evitar la oxidación y humedecimiento de la pectina, ya que ésta es fácilmente oxidada y altamente higroscópica, o sea, adquiere humedad del medio ambiente de forma casi inmediata.

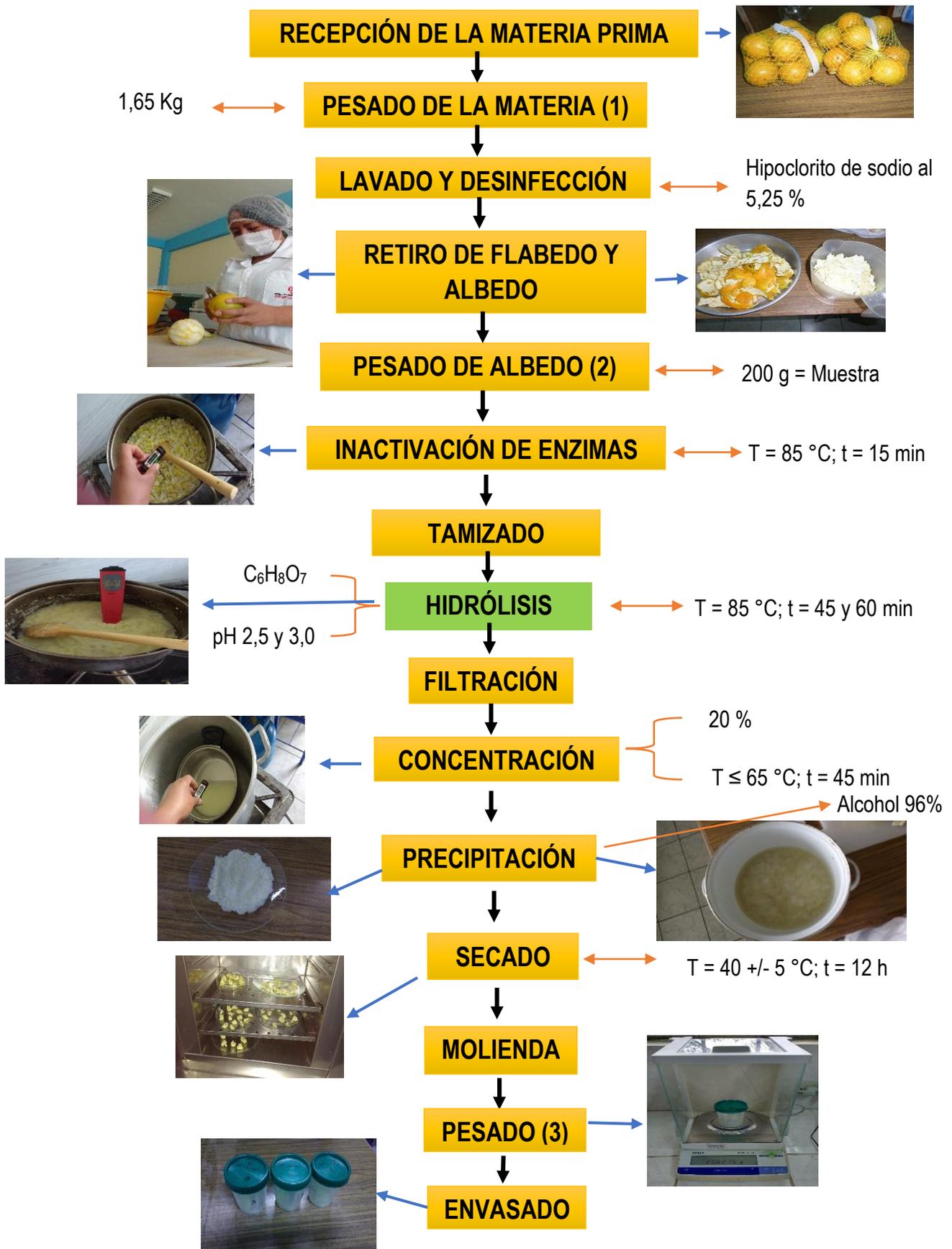


Figura 5. Diagrama de flujo para la obtención de pectina a partir de la cáscara de naranja.

Fuente (Meñaca y Ceron 2010).

3.4.1. Factores de estudio

Los factores de estudio son pH y tiempo como se detalla en la tabla 3

Tabla 3. Factores de estudio para la evaluación del rendimiento de pectina

	Factor P: pH	Factor T: Tiempo de extracción (min)
Niveles	2,5	45
	3,0	60

3.4.2. Tratamientos

Los tratamientos en estudio (Tabla 4), fueron el resultado de combinar dos factores de pH (2,5 y 3) y dos tiempos de extracción (45 y 60 min). Como producto de la combinación se obtuvo cuatro tratamientos.

Tabla 4. Tratamientos

Factores	Niveles	Tratamiento	Código
pH	p: 2,5	2,5 de pH más 45 min	T1
	p: 3	2,5 de pH más 60 min	T2
Tiempo (min)	t: 45	3,0 de pH más 45 min	T3
	t 60	3,0 de pH más 60 min	T4

3.4.3. Diseño experimental

Se aplicó el diseño completamente al azar (D.C.A.) con arreglo factorial 2P x 2T y tres repeticiones, como producto de la combinación de los niveles de los factores se obtuvo cuatro tratamientos.

Tabla 5. Aquí se muestra que se realizara 3 repeticiones por cada tratamiento, haciendo un total de 12 unidades experimentales.

Características del experimento	
Repeticiones	3
Tratamientos	4
Unidades experimentales	12

3.4.4. Tamaño de unidad experimental

- Cada unidad experimental constó de 200 g de albedo

3.4.5. Variable independiente

- Las variables independientes: pH y tiempo

3.4.6. Variable dependiente

- Rendimiento de pectina en porcentaje

3.5. Manejo específico del experimento para pectina de cáscaras de naranja

- **Rendimiento de pectina** (Porcentaje)

El rendimiento es una proporción entre el peso obtenido y peso inicial por cien por ciento, se determinó mediante una balanza gramera digital, con la finalidad de cuantificar el rendimiento de la pectina obtenida de la molienda en base al peso del albedo, la cual se realizó para todas las unidades experimentales, utilizando la siguiente expresión

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{W2}{W1} \times 100$$

Donde:

W1 = Peso del albedo

W2 = Peso de pectina

3.5.1. Trabajo de gabinete

Los datos obtenidos fueron tabulados, realizándose el análisis de varianza (ANOVA) para la determinación de las diferencias significativas entre tratamientos (combinación de factores), posteriormente se realizó la prueba de rango múltiple de Duncan al 5 % de probabilidad para el factor significativo. El análisis se realizó con el paquete estadístico Infostat.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 12 (doce) ensayos de laboratorio, utilizando para todos los ensayos el mismo procedimiento y manteniendo constantes las variables de temperatura, pH y tiempo. La pectina se obtuvo de las cáscaras de las naranjas y el resultado fue un producto en forma de galleta de color amarillo, el cual después del proceso de secado fue molido para obtener un producto de tamaño uniforme, por último se empacó en recipientes de polipropileno.

Tabla 6. Valores obtenidos del rendimiento de pectina (%) al finalizar el proceso de extracción de pectina después de molienda

pH	Tiempo (min)	Repeticiones			Σ Trat	Media
		I	II	III		
2,5	45	0.9761	0.9040	0.8851	2.7652	0.9217
2,5	60	0.8801	0.8750	0.9208	2.6759	0.8920
3	45	0.8062	0.7694	0.6986	2.2742	0.7581
3	60	0.7093	0.8475	0.9367	2.4935	0.8312
Σ Total		3.371	3.3717	3.3959	3.4412	10.2087

4.1. Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento de pectina de la cáscara de naranja

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 7), muestra que existe significación estadística al 5 % de probabilidades para el pH. No se encontró significación para el factor tiempo, de igual manera para la interacción de los factores (pH*tiempo); este resultado indica que los niveles del factor pH actúan de forma independiente, causando un efecto significativo en la extracción de pectinas de cáscaras de naranja.

El coeficiente de variación (CV = 8,11 %), indica la variabilidad del material experimental para la variable evaluada (extracción de pectinas de cáscaras de naranja).

Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento de pectina de la cáscara de naranja.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado de medio	F calculado	p-Valor
PH	0.0378	1	0.0378	7.9321*	0.0226
Tiempo	0.0014	1	0.0014	0.2957ns	0.6014
PH*Tiempo	0.0079	1	0.0079	1.6663ns	0.2328
Error	0.0381	8	0.0048		
Total	0.0852	11			

CV = 8,11 %

Al realizar la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para el pH (Tabla 8), se encontró que con un pH de 2,5 se extrae en promedio 0,91 % de pectina, además que este pH, es estadísticamente superior al pH de 3, con el cual se extrajó 0,79 % que es la menor cantidad de pectinas extraídas. Esto quiere decir que a un bajo pH de 2,5 hay mayor respuesta en cuanto al porcentaje, y con pH mayor (3,0) disminuye el porcentaje.

Según López (2013), la extracción de pectina de la cáscara de maracuya (*passiflora edulis*) con ácido cítrico aumenta en función del pH, es decir que a un pH de 3 obtuvo 9,87 %, y con un de pH 4 obtuvo 9,98 %. Estos resultados distan del experimento, posiblemente esta diferencia se deba a la disminución de la concentración de hidrogeniones en la solución de extracción de la pectina de la naranja provoca una menor hidrólisis degradante en la protopectina provocando una menor cantidad de pectina.

Los resultados nos indican que a un pH menor hay mayor rendimiento de pectina lo cual puede deberse a que en un medio de extracción acidificado se favorece la metoxilación de algunos grupos de la cadena de ácido galacturónico (Devia 2003, Meñaca y Ceron 2010).

Para Rodríguez *et al.* 2004, la extracción de pectina de la cáscara de naranja, el pH y tiempo de extracción óptimos son pH 3.2 y 75 minutos y manteniendo constante la temperatura a 85°C hay mayor rendimiento de pectina, mientras que los resultados de pH de 2.5 y 2.8 son menor.

Tabla 8. Prueba de Duncan al 5 % de probabilidad para los niveles del factor pH.

PH	Rendimiento (%)	Significación al 5 %
2.5	0.91	A
3	0.79	B

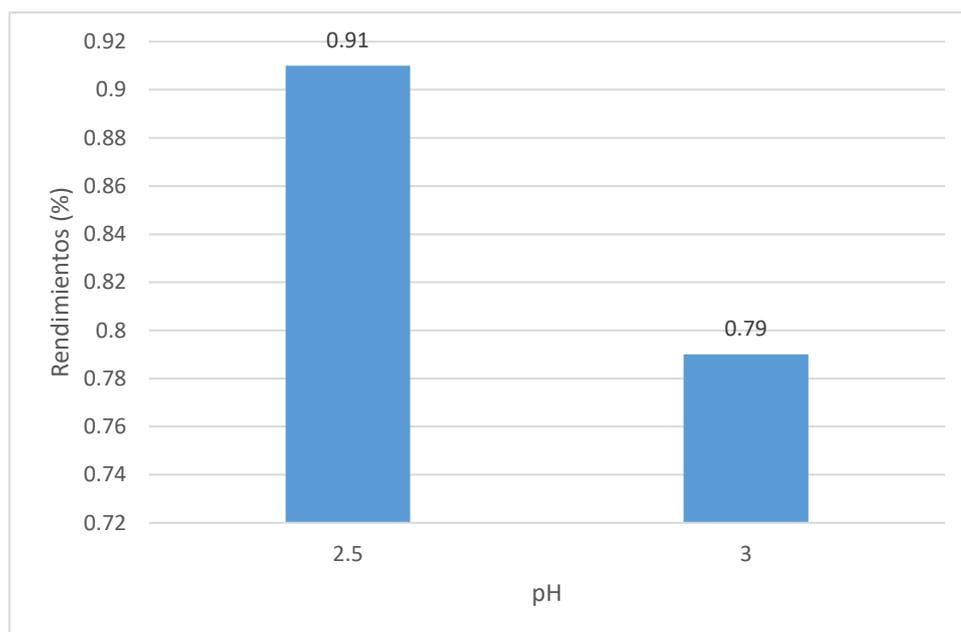


Figura 6. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor pH

Con respecto a la Figura 6, se observa que a pH 2,5 el porcentaje de pectina supera estadísticamente al nivel de un pH 3,0 cuyo porcentaje disminuye al 0,79 %

Con respecto al factor tiempo (Figura 7), se aprecia que con 60 minutos se ha alcanzado el mayor peso de 0,86 % de pectina, y con el nivel (45 minutos) se obtuvo el menor peso de 0,84 % de pectina. Esto quiere decir que para alcanzar un buen rendimiento de pectina se requiere de mayor tiempo de extracción, aunque no hubo diferencias estadísticas significativas.

Ávila J. y Cipiran V. (1996) reportaron para extracción de pectina de membrillo que a tiempos superiores a los 60 minutos se observa una disminución del rendimiento de pectina debido a que la hidrólisis fue completada y empieza una

degradación de la pectina al ser expuestas a una temperaturas altas por espacio de tiempos mayores.

Según Muñoz (2011), obtuvo los mejores valores con los tiempos de 60 y 45 min. Estos resultados son cocordantes obtenidos con el siguiente ensayo. El tiempo de extracción no ejerció un efecto significativo sobre la variable de respuesta. Sin embargo el rendimiento disminuyo cuando el tiempo de extracción fue inferior a 60 minutos, lo cual pudo deberse a que se requiere un mínimo de tiempo durante la extracción, para que se provoque la liberación de las pectinas presentes en el sustrato.

Tabla 9. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor tiempo

Tiempo	Rendimiento (%)
60	0.86
45	0.84

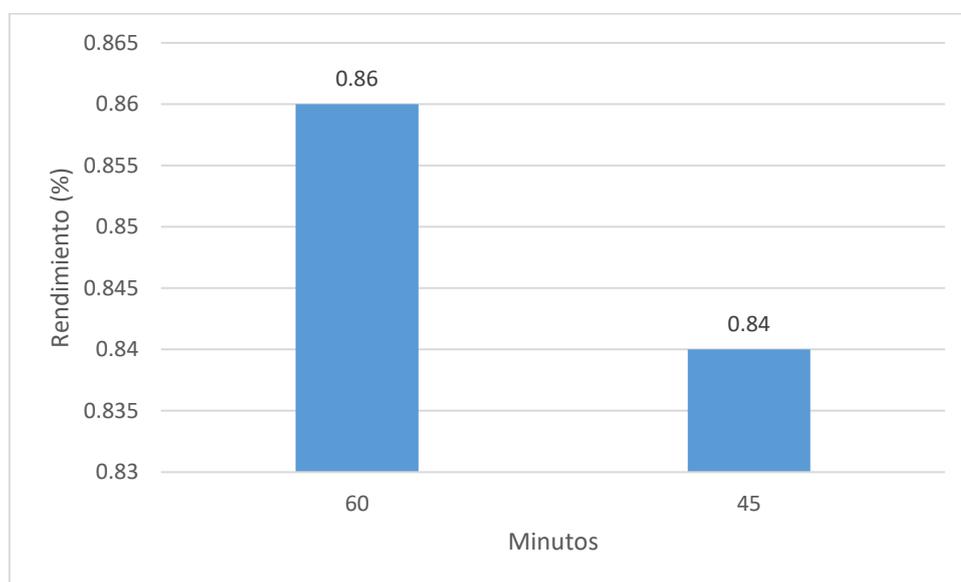


Figura 7. Extracción de pectinas con los diferentes niveles del factor tiempo

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Entre los niveles del factor pH, se encontraron diferencias significativas en la extracción de pectinas. Se logró obtener la mayor extracción de pectinas (0,91 %), con un pH de 2,5. La menor extracción (0,79 %) se obtuvo con el pH de 3. Este resultado indica que la extracción de pectina tiene una relación inversamente proporcional con el pH, es decir que, la mayor extracción de pectinas se obtiene con un menor pH.
- Entre los niveles del factor tiempo no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la extracción de pectinas. La mayor extracción (0,86 %) se obtuvo con un tiempo de 60 minutos y la menor extracción de pectinas (0,84 %) se obtuvo con 45 minutos. Este resultado indica que la extracción de pectinas de la cáscara de naranja aumenta en función del tiempo empleado para la extracción.
- De acuerdo al estudio realizado se concluye que la interacción de los dos factores (pH por tiempo); no es significativa en el rendimiento de la pectina obtenida, es decir que la combinación de factores no actúan de forma conjunta para extraer pectina de la cáscara de naranja.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el trabajo de efecto de pH y tiempo como mínimo en dos variedades de naranja para ver si la respuesta está en función de la variedad
- Se recomienda que en posteriores investigaciones se realicen procesos de purificación y controles microbiológicos a la pectina extraída por este método.

BIBLIOGRAFÍA

- Aucayauri M. Edith, (2011). Estudio de la cinética de degradación térmica del ácido ascórbico durante la pasteurización del zumo de naranja valencia (Citrus sinensis). Tesis, Facultad De Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Del Centro Del Perú. Satipo – Perú. 91 p.
- Aza, M; Méndez, M. (2011). “Extracción de pectina de nopal (opuntia Ficus indica) por medio ácido aplicando dos Niveles de temperatura, tiempo y estados De madurez” Tesis Ing. Agr. Ibarra – Ecuador, Facultad De Ingeniería En Ciencias Agropecuarias Y Ambientales, UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE. 116 p.
- A. Heredia, J. Jiménez, J. Fernández, R. Guillén y R. Rodríguez, «Fibra Alimentaria.» de Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España., 2003, pp. 33-36.
- Cheftel Jean-Claude; Cheftel Henri (1976) Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos; Ira Edición Editorial Acribia S .A. Zaragoza-España Vol. I (pp: 162-170)
- Devia, J. (2003) Proceso para producir pectinas cítricas. Medellín, Colombia, EC. Revista universidad EAFIT. p. 129.
- Devia, J. Proceso para producir pectinas cítricas, Universidad Eafit, Enero-Marzo número 19, Medellín Colombia 2003. Pág. 21-30.
- Durán, F. (2008). Ciencia, tecnología e industria de alimentos. 1 ed. Bogotá, CO, Grupo Latino Editores. 664 p.
- Ehrlich, R. (1997). “Methods for making pectin and pectocellulosic products”. U. S. Patent 5,656,734. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- Edgar, S. Ángel F. (2009) Enciclopedia de los Alimentos, 118-120 (2003). Disponible en: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1055/1/soto_he.pdf
- FAO (2007). Manual Correspondiente a cítricos. Food Agricultural Organizations. Pág. 81, 82, 83, 84, 85.
- FAO/INFOODS. (2010) Tabla de composición de Alimentos de América Latina y Tablas de composición de alimentos. Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Subirán. México.
- FAO/Morfología de la naranja. [http/ www.fao.org/docrep /fao/006/x6732s/x6732s03.pdf](http://www.fao.org/docrep/fao/006/x6732s/x6732s03.pdf) (2011).

- FAO (2013) Perú es el cuarto productor de cítricos en el hemisferio sur (en línea). Consultado 12 set. 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detalle/es/c/173905/>
- Fishman, ML; Chau, HK. (2000) "Extraction of pectin by microwave heating under pressure". U.S. Patent 6,143,337. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- Gilabert, JP. (s.f) Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. Pdf. Consultado 17 de set. 2014. Disponible en <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8370/jpagan.pdf?sequence=315>.
- Gómez Z. (1998) Factibilidad Técnica del Aislamiento y la Caracterización de Pectina Cítrica para el Sector Agroindustrial. (Trabajo de Grado). Medellín: Corporación Universitaria Lasallista, Facultad de Administración. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- Glahn, PE. (2000 y 2001). "Pectin process and composition". U.S. Patent 6,207,194 y U.S. Patent 6,159,503. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- IPPA. (2001) Hechos sobre pectina (en línea). Consultado 23 set. 2014. Disponible en http://www.ippa.info/what_is_pectin.htm
- MINAGRI, 2016; SUNAT, 2016. Recuperado de: <http://proyectosperuanos.com/naranjas/>.
- Melgar Rojas, R. 1989. Estudio de Pre-factibilidad para la instalación de una planta procesadora de cítricos en la Estación Experimental Agropecuaria de la UNCP-Satipo. [Tesis] Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo-Perú.
- Diego Moposita Vásquez y Darwin Núñez Torres (2012). Obtención de aceites esenciales de la cáscara de naranja (*citrus sinensis*, variedad valenciana) a través del método de destilación por arrastre de vapor, utilizando tres concentraciones de bicarbonato de sodio para incrementar su rendimiento. Tesis. Universidad Estatal De Bolívar. Pdf. Consultado 20 set. 2014. Disponible. <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/921/1/056.pdf>
- Moreiras O, Varela-Moreiras G, Ávila JM, Beltrán B, Cuadrado C, del Pozo S et al (2009). La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.

- Rodríguez Rodríguez; Karol Aminta y Román Henríquez, Adán Manrique (2004) Extracción y evaluación de pectina a partir de la cáscara de naranja de las variedades Citrus sinensis L. y Citrus paradisi y propuesta de diseño de planta piloto para su producción. Tesis Licenciatura, Universidad de El Salvador. Pdf. Consultado 07 set. 2014. Disponible en:<http://ri.ues.edu.sv/5623/>
- Rivas, E; Garza, H; Garza, Jesús; Meléndez, Daniel; Rodríguez, E; Salas, B; Solis, K. 2016. La Naranja. Universidad Autónoma de Nuevo Leon Facultad de Agronomía, Mexico, 19 diapositivas.
- Sakai, T. (1989) "Process for preparing pectin". U. S. Patent 4,835,262. Pdf. Consultado 16 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/226189306/918-2806-1-PB>
- Vaclavick, VA. (2002) Fundamentos de ciencia de los alimentos. Trad. I. Jaime. 1 ed. New York DC, US, Acribia S.A. 798 p.
- Vasquez, AV. 2014 Diseños experimentales con Sas. Edita CONCYTEC FONDECYT Cakamarca Perú-2014
- Zapana, GR. (2014) Extracción De Pectina A Partir De Cáscara De Maracuyá (Passiflora edulis). Pdf. Consultado 18 set. 2014. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/236103782/Trabajo-de-Gestion-Ambiental-COMPLETO>

ANEXOS



Figura 8. Materia prima para la extracción de pectina



Figura 9. Lavado y desinfección



Figura 10. La separación de flavedo y albedo para la extracción de pectina



Figura 11. Pesado de la muestra 200 g (albedo)



Figura 12. Inactivación de enzimas del albedo de naranja a 85 °C por 15 minutos



Figura 13. Etapa de hidrólisis, a una $T = 85\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 2,5$ y $t = 45$ minutos



Figura 14. Etapa de concentración a una $T = 65\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un tiempo de 45 minutos



Figura 15. Precipitación con alcohol al 96 %.

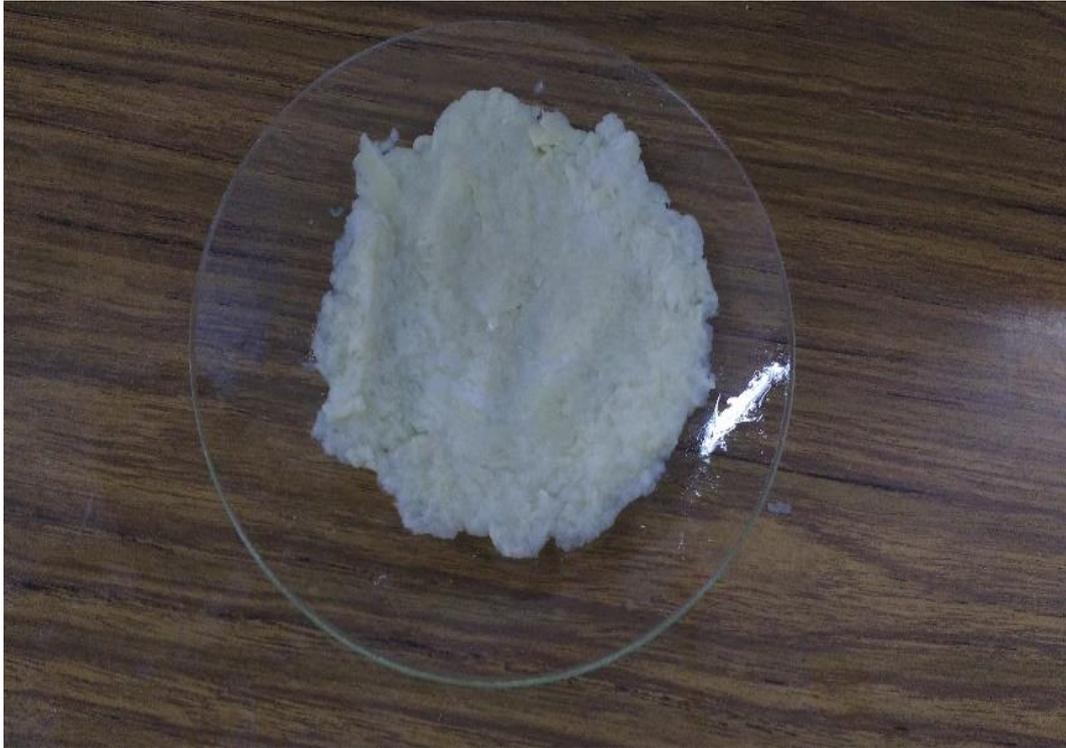


Figura 16. Etapa de la filtración, separación de sólidos en suspensión



Figura 17. Albedos de naranja secados en la estufa a 40 ° C por 12 h



Figura 18. Etapa del secado y molienda de la pectina

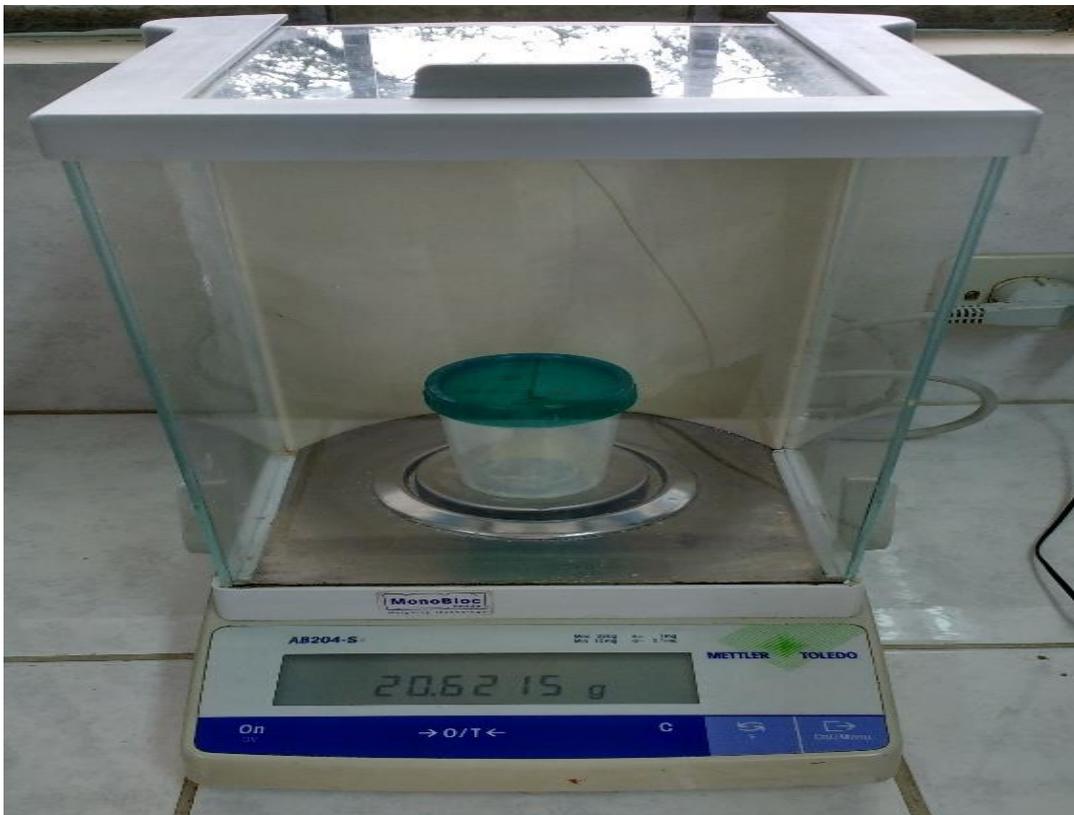


Figura 19. Pesado de pectina



Figura 20. Pectina envasada en envases de polipropileno.