

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS PECTINAS CÍTRICAS OBTENIDAS A
PARTIR DE LAS CÁSCARAS DE NARANJA, DE LAS VARIEDADES VALENCIA
Y COMUN, EN ESTADO DE MADURACION GRADO CINCO (5).**

CARLOS A. MEÑACA VILLANI

C.c. 76.315.772

RICHARD FARID CERON H

C.c. 76.324.207

JAVIER MARINO MERA

C.c. 10.691.473

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

INGENIERIA DE ALIMENTOS

POPAYÁN

2010

**EVALUACION DE LA CALIDAD DE LAS PECTINAS CÍTRICAS OBTENIDAS A
PARTIR DE LAS CÁSCARAS DE NARANJA, DE LAS VARIETADES VALENCIA
Y COMUN, EN ESTADO DE MADURACION GRADO CINCO (5).**

CARLOS A. MEÑACA VILLANI

C.c. 76.315.772

RICHARD FARID CERON H

C.c. 76.324.207

JAVIER MARINO MERA

C.c. 10.691.473

Trabajo de grado presentado como requisito para obtener el título de
Ingeniero de Alimentos

Director de trabajo de grado:

ELVER ZAPATA ZAPATA

Ingeniero de Alimentos

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA "UNAD"

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA

INGENIERIA DE ALIMENTOS

POPAYÁN

2010

Nota de aceptación:

Firma del presidente de jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, octubre 2010

DEDICATORIA

- ❖ A Dios, por darme salud y vida, a mi madre, por su amor y apoyo incondicional durante toda mi carrera profesional; a mi hermano, por iluminarme y cuidarme desde el cielo.

CARLOS A. MEÑACA VILLANI

- ❖ A Dios, a mis padres, hermanos y esposa, por el apoyo continuo, que me han dado para lograr esta meta.

RICHARD FARID CERON H

- ❖ A Dios, mis padres y mi tía Beatriz; ya que sin ellos hubiera sido imposible alcanzar el sueño de ser profesional.

JAVIER MARINO MERA

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestros profundos agradecimientos al Ingeniero de alimentos Elver Zapata, por su invaluable colaboración, apoyo profesional y asesoría del presente proyecto.

Igualmente queremos agradecer a todos y cada uno de los docentes UNADISTAS, ya que ellos nos dieron los conocimientos necesarios para el correcto desarrollo del proyecto de grado.

CONTENIDO

INTRODUCCION

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

3. JUSTIFICACION.

4. MARCO TEORICO

4.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA NARANJA Y SU FRUTO

4.2 ESTRUCTURA DE LOS FRUTOS.

4.2.1 Epicarpio o flavedo

4.2.2 Mesocarpio o albedo.

4.2.3 Compuestos Nitrogenados.

4.2.4 Proteínas

4.2.5 Enzimas.

4.2.6 Compuestos aromáticos

4.2.7 Enzimas Pectolíticas

4.2.8 Pectinesterasa

4.2.9 Péctinasa

4.2.10 Protopectinasa

4.2.11 Pectasa

4.2.12 Poligacturonas

4.2.13 Sustancias pécticas

4.2.14 Endocarpio o pulpa.

4.2.15 Semillas

4.3 GENERALIDADES DE LAS PECTINAS

4.3.1 Estructura de las pectinas.

4.3.2 Propiedades de las pectinas.

4.3.3 Usos de las pectinas.

4.3.4 Clasificación de las pectinas.

4.3.5 Caracterización de las pectinas.

4.3.6 Constitución de los compuestos pécticos.

4.3.7 Sustancias pécticas y grupos metoxilos.

4.3.8 Fuentes de material péctico.

4.4 MARCO LEGAL DE LA PECTINA

5. DISEÑO METODOLOGICO DEL PROYECTO

5.1 OBJETIVO GENERAL

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

5.3 LOCALIZACION

5.4 TIPO DE INVESTIGACION

5.5 PROCESO DE EXTRACCION DE PECTINA

5.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

5.7 VARIABLES A INVESTIGAR

5.7.1 Influencia de la variedad de naranja en la calidad de pectina obtenida.

5.7.2 Tiempo, temperatura y pH en el proceso de extracción de pectina

5.8 Materiales

5.9 Tratamientos

5.10 Fuente de información

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 PRODUCTO OBTENIDO

6.2 ANALISIS FISICOQUIMICO

7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

8. ESTUDIO DE MERCADO DE LA PECTINA

9. COSTOS DE PRODUCCION

10. EQUIPOS PARA LA PRODUCCION DE PECTINA INDUSTRIAL

10.1 Banda Transportadora

10.2 Tanque abierto enchaquetado

10.3 Bomba de desplazamiento positivo

10.4 Filtro prensa de tela

10.5 Tanque cerrado enchaquetado

10.6 Bomba neumática

10.7 Secador de bandejas

10.8 Molino de bolas

11. CONCLUSIONES

12. RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1 Clasificación taxonómica de la naranja
- Tabla 2 Composición química de la naranja en porcentaje
- Tabla 3 Composición de la corteza de naranja por 100 gr. de materia Comestible.
- Tabla 4 Clasificación de las pectinas.
- Tabla 5 Contenido de ácido galacturónico.
- Tabla 6 Fracciones de fibra.
- Tabla 7 Grado de metoxilación.
- Tabla 8 Grado de gelificación.
- Tabla 9 Contenido de cenizas.
- Tabla 10 Contenido de humedad.
- Tabla 11 Contenido de proteínas.
- Tabla 12 Contenido de grasa.
- Tabla 13 Resumen de los balances de materia.
- Tabla 14 Resumen de balance de energía.
- Tabla 15 Consumo de pectina de algunas empresas consumidoras.
- Tabla 16 Cantidad de cáscaras generadas como desechos.
- Tabla 17 Costos de producción de pectina cítrica. Base de cálculo un (1) Kg.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 Fórmula estructural del ácido D – Galacturónico.
- Figura 2 Sustancias pépticas y grupos Metoxilos
- Figura 3 Porcentaje en peso de ácido galacturónico contenido en piel y pulpa de la naranja.
- Figura 4 Diagrama de flujo de proceso de obtención de la pectina cítrica.

LISTA DE ANEXOS

Anexo A FOTOS DEL TRABAJO INVESTIGATIVO

Anexo B BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Anexo C CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2010

Anexo D FICHAS TECNICAS DE EQUIPOS UTILIZADOS PARA
EL ENSAYO

Anexo E ANÁLISIS ESTADISTICO

Anexo F RESULTADOS DE LABORATORIO.

GLOSARIO

- **ACEITES FIJOS:** Se refiere a los triglicéridos, aceites comestibles, en contraposición a los aceites volátiles o esenciales.
- **ALBEDO:** Porción blanca de la zona interna de la piel de las frutas cítricas, conocida también como mesocarpio: Supone el 20 – 60 % de toda la fruta.
- **CELULOSA:** Polisacárido que constituye la estructura de la célula de los vegetales; no existe en los animales. Se compone de una larga cadena de unidades de glucosa.
- **COLOIDE:** Partículas suspendidas (fase dispersa) en otro medio (medio de dispersión). Puede tratarse de un sólido, líquido o gas suspendido en un sólido, líquido o gas.

- **EMULSIÓN:** Mezcla íntima de dos líquidos inmiscibles, de los que uno se dispersa en el otro en forma de gotas finas.

- **FLAVEDO:** La capa coloreada más externa de las frutas cítricas llamada también epicarpio o corteza. Contiene vesículas de aceite y numerosos plásticos amarillos.

- **HOMOGENIZACIÓN:** Proceso que reduce los glóbulos de las suspensiones a otros más pequeños o a otros del mismo tamaño aproximadamente.

- **LIMONINA:** Principio amargo del albedo de las naranjas de la variedad Valencia. Se encuentra en un estado no amargo e hidrosoluble, liberándose y pasando al jugo durante su extracción. Con el tiempo se hidrolizan lentamente y el jugo se hace amargo. No existen en la fruta madura.

- **NARINGINA:** Trihidroxiflavonona ramnoglucósido, encontrado en el pomelo, sobre todo en las frutas sin madurar; es extremadamente amarga. A veces se encuentra en los jugos enlatados en forma de pequeños granitos redondeados blancos.

- **PECTINA:** Carbohidrato gelatinoso presente en las frutas y verduras carnosas que se utiliza como gelificante en mermeladas y jaleas y como emulsionante y estabilizante en muchos alimentos. También se añade a la dieta como agente inerte necesario para un adecuado funcionamiento.

- **POLÍMERO:** Compuesto formado por la combinación o unión de varios monómeros o pequeñas moléculas.

- **POLISACÁRIDOS:** Carbohidratos complejos formados por la condensación de un gran número de unidades de monosacáridos. Por hidrólisis liberan los azúcares sencillos de que se componen.

- **PROTOPECTINAS:** Son compuestos de los tejidos vegetales (químicamente son hemicelulosa).

- **VISCOSIDAD:** Término aplicado a los líquidos para definir su resistencia a fluir.

INTRODUCCION

La presente investigación se fundamenta, en el planteamiento de un estudio comparativo de las pectinas extraídas de cáscaras de naranjas de las variedades valencia y común, con grado cinco (5) de maduración, estas cáscaras son un sub-producto de las empresas de jugos de naranja de la ciudad.

En el presente estudio se extrajo pectina cítrica a través de ocho (8) ensayos (cuatro con naranja valencia y cuatro con naranja común), los cuales fueron realizados en el laboratorio de Post-cosecha de las instalaciones del SENA, de la ciudad de Popayán.

Las posibilidades de desarrollar la extracción de pectina a nivel industrial en el Departamento del Cauca son escasas, ya que para extraer pectina a gran escala se necesitaría importar maquinaria tecnificada de alto costo y según el estudio de mercadeo en el Cauca los consumos de pectina son muy bajos comparados con

los consumos de otros países, la razón es que en nuestro departamento no existen grandes industrias que utilicen este producto, además se desconoce su aplicación a nivel industrial.

En el departamento del Cauca existen algunas empresas de tipo artesanal, que se dedican a la fabricación de mermeladas, las cuales utilizan la pectina como aditivo alimentario y hacen uso de muy poca tecnología y su mercado se limita únicamente a nivel regional.

La naranja (*Citrus sinensis*) es el fruto del naranjo dulce, árbol que pertenece al género Citrus de la familia de las Rutáceas. Esta familia comprende más de 1.600 especies, destacándose el género botánico Citrus, el más importante de la familia, y consta de unas 20 especies con frutos comestibles todos ellos muy abundantes en vitamina C, flavonoides y aceites esenciales. Es nativa del sureste asiático, fue traída a nuestro continente por las diferentes migraciones que ocurrieron durante el descubrimiento de América.

La naranja (*Citrus sinensis*), se cultiva en clima templado a una altura que oscila entre los 900 y 2000 msnm, y a una temperatura promedio entre 14 y 30 grados centígrados, gran parte de nuestro país posee estas condiciones para el cultivo destacándose algunos departamentos principalmente Antioquia, Valle, Cauca, Llanos orientales y Eje Cafetero. Las principales variedades explotadas son: Valencia, común o criolla, California, parson Brown, pineapple, entre otras, siendo las de mayor importancia la valencia y la criolla o común, la naranja valencia tiene

un mercado definido ya que su cultivo es más tecnificado, mientras que la común se utiliza para consumo regional y sus precios son muy variables debido al tamaño y a su fibrosidad de su fruto.

Del árbol se aprovecha diversas partes, entre ellas, la madera para fabricar productos artesanales, las hojas para la preparación de productos medicinales y la más importante quizá de su aprovechamiento radica en la comercialización y transformación de su fruto para la obtención de jugos, néctares, aceites esenciales y pectinas para la industria alimentaria y farmacéutica.

La cáscara es desechada en la mayoría de las industrias porque no se cuenta con una tecnología para su aprovechamiento. Estos desechos son fuentes abundante de carbohidratos, entre ellos encontramos la pectina especialmente en los tejidos parenquimáticos y meristemáticos, en ellos, las zonas más ricas corresponden a la pared primaria de las células y a la lámina media que las separa. Esta lámina media, forma una capa amorfa intercelular entre las paredes primarias de células adyacentes, y se considera que es el primer material depositado por el citoplasma. Es una zona libre de celulosa y está compuesta por polímeros pépticos, tanto en su forma libre como de sales cálcicas. La pared primaria es la estructura que se expande y acomoda durante el crecimiento de la célula. La pectina se obtiene a partir de la utilización de diferentes métodos industriales siendo el más utilizado el método de hidrólisis ácida, que permiten separarla del resto de compuestos de la

cáscara para luego, secarla, molerla y obtener un polvo seco para ser comercializado.

Teniendo en cuenta que en la actualidad es necesario el aprovechamiento de todos los subproductos que se obtienen en las industrias, mediante la implementación y desarrollo de procedimientos tecnológicos, el presente trabajo hace una evaluación de la calidad de las pectinas obtenidas de las dos variedades de naranja (valencia y común), mediante análisis de laboratorio para determinar las características fisicoquímicas y determinar con precisión los resultados obtenidos. Esperando que estos sean útiles para un futuro aprovechamiento y un constante desarrollo de la industria alimentaria y farmacéutica.

1. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo agroindustrial en Colombia ha venido creciendo en los últimos años debido a la apertura de mercados a nivel internacional y al constante desarrollo en el país de diferentes productos agropecuarios en el que se incluye la naranja, la cual pasó de una área sembrada de 6936.6 hectáreas en el 2007 a 7251.2 en el 2010. (GALLEGO, Alfonso, 2010).

Los frutos cítricos han sido producidos y consumidos en Colombia durante muchos años, en forma fresca o procesada, dejando como material de desecho,

un gran peso total de la fruta muy rica en pectina y aceites esenciales la cual es desaprovechada.

También es inminente y notable el desarrollo de la industria farmacéutica y de alimentos en los últimos años, en los cuales se ha registrado un creciente aumento de los volúmenes de producción de pectina cítrica; esto es debido, a que en la actualidad existen numerosos productos que utilizan pectina en sus formulaciones. Cabe anotar, que esta pectina tiene que ser importada para suplir estas demandas nacionales.

La pectina juega un papel importante en la fabricación de diferentes productos, como su naturaleza es compleja, variable y diferente en cada tipo de fruta y en cada variedad, y su utilización depende de su comportamiento en condiciones especiales y este a su vez, depende de su naturaleza y de su grado de maduración, es necesario determinar en el presente estudio, las diferencias relacionadas con la calidad, entre las pectinas obtenidas a partir de las cáscaras de las variedades de naranja común y valencia en igual grado de maduración, ya que en la actualidad no existe ningún estudio previo sobre la calidad de estas pectinas.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.

Entre las dos variedades de naranja (Valencia y Común) en estado de madurez grado cinco (5), ¿cual de las dos, tiene mejor calidad y mayor rendimiento de pectina cítrica?

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a nivel de planta piloto, a partir de las cáscaras de la naranja de las variedades valencia y común, en igual grado de maduración (grado cinco).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicar el método de extracción de hidrólisis acida para la obtención de pectina de los desechos de naranja valencia y común.
- Efectuar análisis de laboratorio a las muestras de pectina obtenidas en el proceso experimental, evaluando porcentaje de metoxilo, porcentaje de gelificación, ácido anhidro galacturónico, humedad, materia seca, cenizas, proteínas, grasa y fibra.
- Realizar un balance de materia y energía para determinar rendimientos de la pectina obtenida.
- Determinar cual de las dos variedades de naranja (Valencia y común) es más recomendable para extraer pectina cítrica.
- Comparar las pectinas extraídas de las dos variedades, con base en los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos para determinar su calidad.

3. JUSTIFICACION

Colombia es un país que basa su economía en diferentes renglones, destacándose la agricultura, por las condiciones que posee en cuanto al clima y sus suelos que son propicios para la implementación de diferentes cultivos, que paulatinamente se han venido consolidando. Es así, como en el municipio de Santander de Quilichao en el departamento del Cauca, se encuentra los mejores pisos térmicos aptos para el cultivo de frutas tropicales, especialmente los cítricos,

por tal razón, de esta zona se escogieron como muestra las naranjas de las variedades común y valencia.

Esta fruta posee una gran demanda en los diferentes mercados regionales y nacionales, en forma de jugos y concentrados, cuya alta popularidad ha sido alcanzada por su sabor y aroma, que lo hacen un excelente mezclador y mejorador del sabor en las diversas formulaciones empleadas por las grandes embotelladoras de jugos en Europa y Estados Unidos. Es así, como Colombia se convirtió en uno de los principales exportadores mundiales de naranja al lograr ventas de esta fruta tropical por 24.000 toneladas en el 2009, desplazando a Brasil que dominó hasta hace poco. (LEÓN VALLEJO, Gloria Marcela, 2009).

Ante el constante crecimiento en los volúmenes de producción es importante considerar la utilización de residuos como la cáscara, que representa entre el 50 – 60 % de la fruta fresca y que hasta ahora en Colombia sólo ha sido utilizada para la alimentación animal y producción de abono orgánico. Esta cáscara contiene según investigaciones previas entre 3 y 4 % de pectinas en base seca y representa un contenido alto en comparación con las demás frutas.

La pectina es un aditivo alimentario valioso utilizado principalmente como gelificante en las mermeladas y espesante de las bebidas. El efecto espesante y gelificante de la pectina es utilizado principalmente en la elaboración de productos ácidos donde no es posible utilizar gomas baratas y otros espesantes. La

capacidad de la pectina para aumentar la viscosidad y estabilizar emulsiones y suspensiones es utilizada en la producción de líquidos farmacéuticos, principalmente en suspensiones anti - diarreicas, polvos o tabletas que contienen una mezcla de caolín, pectina y un antibiótico.

La pectina cítrica obtenida de la naranja posee amplias aplicaciones en los campos farmacéuticos y de alimentos, por lo cual el presente estudio pretende brindar una información precisa sobre la calidad final de las pectinas de las variedades de naranja común y valencia, valorando el grado de gelificación, porcentaje de metoxilo, proteínas, grasas, ácido anhídrido galacturónico, fibra, cenizas, humedad final y grado de gelificación. Esta información recopilada puede servir al sector alimentario, para una futura implementación y aprovechamiento de la cáscara de naranja, la cual es un subproducto de la industria de jugos.

4. MARCO TEORICO

A continuación se describen las características y los parámetros relacionados con la naranja y las características de la pectina.

4.1 CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA NARANJA Y SU FRUTO

Los cítricos son nativos de las regiones tropicales y sub - tropicales del continente Asiático, lugar de donde se han diseminado al resto del mundo. Los cultivos de los

cítricos se originaron, tanto en la India como en la China, durante el primer milenio A.C. Las naranjas y otros cítricos, fueron introducidos por los colonizadores al continente americano, encontrando bastante adaptación en tierras del Nuevo Mundo. (De Ruffols, 2008).

Las naranjas pertenecen a la familia Rutáceas del género Citrus. Las especies de este género son arbustos o árboles de color verde, con hojas simples, flores blancas. Es un cultivo perenne, de crecimiento erecto ramificado que crece hasta 12 metros de alto y 25 cms. de diámetro, dependiendo de la especie, produce de los 3 a 5 años dependiendo de su propagación (semilla poliembriónica o injerto), crecen a una temperatura de que oscila entre los 13 y los 30 grados centígrados, la temperatura óptima promedio es de 23 grados centígrados y se cultiva a una altura superior a los 900 msnm.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la naranja

Reino	Vegetal
División	Traqueófitas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Subclase	Arquilamídeas

Orden	Geraniales
Suborden	Geranieas
Familia	Rutácea
Subfamilia	Aurantióideas
Géneros	<i>Citrus, poncirus, fortunella</i>

Fuente: manual de la naranja SENA Cauca, 2009

El árbol de naranja se desarrolla bien en suelos de textura arcillosa, pesados con buen drenaje, profundos para que las raíces se anclen bien y puedan extraer las cantidades de nutrientes y agua necesaria para su desarrollo, mientras más delgado sea el suelo menor será el desarrollo de los árboles; con un pH de 5, 5 - 7, con abundante materia orgánica, este cultivo es susceptible al exceso de cal y cloruro de sódico.

4.2 ESTRUCTURA DE LOS FRUTOS.

Los frutos cítricos están cubiertos por una corteza o piel que protege la pulpa o porción sensible del fruto. La corteza está formada de una cutícula en la parte externa, mientras que la parte interna está cubierta de una capa epidérmica (flavedo), que contiene numerosos sacos de aceite o glándulas llenas de aceite esencial aromático de gran valor comercial, en adición a estos sacos de aceite, el flavedo contiene materia colorante la cual no está uniformemente distribuida a través de esta capa, pero concentrada en pequeñas zonas llamadas cromatóforas,

verdes en el fruto y tornándose gradualmente amarillos o anaranjados en el fruto maduro.

Otra pequeña porción blanca esponjosa de células parenquimatosas, conocidas como el albedo, está situada inmediatamente bajo el flavedo. Las células de esta zona esponjosa están dispuestas sin cohesión, con espacios intercelulares y de forma irregular. Esta capa contiene aproximadamente 20 % de sustancias pectinas, las que se obtienen como pectinas cítricas. La pulpa interior o carne de la fruta consiste de segmentos separados por una membrana delgada de tejidos epidérmicos que contienen numerosas vesículas de sacos con jugo y semillas.

Los sacos de jugo en cada segmento están ligados a la pared de él, en contacto con la piel por medio de finas hebras de longitud variable. Los cromatóforos son amarillos de origen cristalino y pueden observarse cuando estos sacos de jugos son exprimidos o presionados y examinados microscópicamente. La parte central (corazón) está compuesta de una esponja blanca formada por tejido similar al encontrado en el albedo. El corazón y las membranas del segmento son colectivamente llamados " el desecho " del jugo extractado. Las principales partes de un fruto de naranja son:

4.2.1 Epicarpio o flavedo. Es el tejido exterior, que está en contacto con la epidermis y en él abundan vesículas que contienen lípidos, aceites esenciales y cloroplastos de colores verdes a naranja.

4.2.2 Mesocarpio o albedo. Situado debajo del flavedo, se caracteriza por ser un tejido esponjoso blanco, formado por células parenquimatosas, constituyendo la mayor parte de la corteza. El mismo tejido forma el corazón o eje central del fruto y ambos contienen los vasos que proporcionan al fruto el agua y los materiales nutritivos. El albedo (parte blanca) en la naranja, está formado por células parenquimatosas que contienen:

4.2.3 Compuestos Nitrogenados: Su composición varía de 0.1 a 0.2 % (en peso en base seca) en las frutas cítricas.

4.2.4 Proteínas: Las que son relativamente insolubles y se encuentran asociadas con las partes sólidas de los frutos cítricos tales como el flavedo, albedo, cromatóforas, y pulpa.

4.2.5 Enzimas: Son catalizadores orgánicos sintetizados en células vivas. Son el más importante constituyente de los tejidos ya que por su acción, la síntesis y alteración de otros constituyentes y la energía metabólica son esenciales para la vida.

4.2.6 Compuestos aromáticos: Se encuentran en más de un 10 % en base seca en los cítricos, combinada con moléculas carbohidratadas tales como glucósidos. En el albedo se encuentra en un 0.15 y 0.10 % en base seca.

4.2.7 Enzimas pectolíticas: Las enzimas que intervienen en la hidrólisis de las pectinas han sido estudiadas ampliamente y poseen gran número de propiedades que las hace características. Manteniendo temperaturas entre 158° a 176 °F por 2 a 5 minutos pueden inactivarse muchas enzimas. (BLACKWELL, John, Manual del Ingeniero químico. Madrid España 2004). Estas podemos clasificarlas en:

4.2.8 Pectinesterasa: Esta enzima cataliza la hidrólisis del enlace ester metílico de la molécula de Pectina, formando ácido péctico y metanol.

4.2.9 Pectinasa: Actúa en la hidrólisis o conversión de pectinas ó ácidos pécticos en ácidos poligalacturónicos menores y finalmente en ácido galacturónico y ester metílico de ácido galacturónico.

4.2.10 Protopectinasa: Actúa en la hidrólisis o conversión de protopectina a pectina soluble en el proceso de maduración. La presencia de esta enzima en las frutas es basada en el razonamiento inductivo de que la protopectina es alterada en el proceso de maduración.

4.2.11 Pectasa: Hidroliza grupos ester, liberando los grupos carboxílicos y produciendo alcohol metílico.

4.2.12 Poligalacturonasa: Cataliza la hidrólisis glicosídica del ácido poligalacturónico en ácido monogalacturónico. Las más ampliamente estudiadas

son las pectasa, Pectinasa (más empleada), y la pectolasa. La pectasa es estable a pH 8 pero se destruye a pH ácido, y la pectolasa es estable a pH 5 pero se destruye a pH alcalino. (DÍAZ MONTES, María Fernanda 1999).

4.2.13 Sustancias pécticas: El término " sustancias pécticas " hace referencia a un complejo coloidal de carbohidratos que se encuentran principalmente en el pericarpio o corteza de las frutas, en las naranjas se encuentran cerca de 1/3 del albedo de la fruta, siendo el compuesto de la corteza más importante comercialmente. En las plantas las sustancias pécticas están íntimamente relacionadas con la celulosa, la cual se encuentra ampliamente distribuida en la pared exterior de las células y en la región media de las laminillas.

4.2.14 Endocarpio o pulpa. Es la parte comestible del fruto y está formado por los carpelos o gajos, que están compuestos por " vesículas " en forma de huso, que contienen el zumo y separados por membranas Intercarpelares de tejido epidérmico. En el interior de las vesículas se encuentran gotas de aceite y cromatóforos.

Tabla 2. Composición química de la naranja en porcentaje.

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

4.2.15 Semillas. Presentan una cubierta dura lignocelulósica, contienen una importante cantidad de grasas y proteínas, que son muy poco abundantes en el resto del fruto .Las cantidades de esencias contenidas en la corteza de los frutos es muy variable, dependiendo entre otros factores, de la variedad, estado del fruto, grado de madurez, tamaño, etc. Las cortezas frescas de los cítricos pueden contener entre 1.5 y 3 % de Pectina, y las desecadas, del 9 – 18 %. (LEÓN VALLEJO, Gloria 2009). El alvedo fresco contiene un 75 - 80 % de agua y contiene aproximadamente en base seca un 44 % de azúcares en frutas maduras; 33 % de celulosa (incluyendo lignina y pentosanas), 20% de sustancias pécticas. Los azúcares producen alcohol por fermentación, la pectina se extrae para utilizarla como agente gelificante en la elaboración de mermeladas, compotas y los desechos que contienen principalmente celulosa, pentosanas, proteínas y azúcares residuales, se secan para convertirlos en forraje para alimentación de

ganado. El albedo de los frutos agrios también contiene una proporción relativamente elevada de ácido ascórbico.

Tabla 3. Composición de la corteza de naranja por 100 gramos de materia comestible.

ELEMENTOS	PORCENTAJE
Humedad (g)	72.5
Proteína (g)	1.5
Lípidos (g)	0.2
Hidratos de Carbono (g)	25
Cenizas (g)	0.8
Calcio (mg)	3.0
Fósforo (mg)	21
Hierro (mg)	0.8
Sodio (mg)	3.0
Potasio (mg)	212
Vitamina B 1 (mg)	0.12
Vitamina B 2 (mg)	0.09
Niacina (mg)	0.9
Vitamina C (mg)	136

Fuente: Praloran, 2004

4.3 GENERALIDADES DE LAS PECTINAS

Las pectinas son polisacáridos constituidos por cadenas largas de unidades de ácido D - galacturónico unidas entre si por enlaces a (1 - 4) 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).

En los tejidos jugosos de las plantas el contenido de sustancias pécticas es de 0.5 a 1.0 % del peso fresco. En la corteza de los cítricos llega a 3 y 4 %. Los frutos sin madurar contienen protopectina que por acción de la maduración se transforma en ácidos pectínicos solubles en agua. En las manzanas, melocotones, ciruelas y tomates la transformación va acompañada por el ablandamiento de los tejidos. (Cruess, 1990).

4.3.1 Estructura de las pectinas. Investigaciones hechas por Mark y Link, confirmadas por Scheneider y sus colaboradores, indican que se trata de cadenas

largas de ácido poligalacturónico con grupos carboxílicos parcialmente esterificados con alcohol metílico.

La configuración de la estructura básica de las sustancias pécticas muestra similitud con la estructura de la celulosa. El número de residuos de ácido poligalacturónico según (Schneider, Henglein, bock), son alrededor de 80 unidades en su estructura. La molécula de pectina consiste en su mayoría, pero no completamente de cadenas largas de longitud variable, de unidades de ácido galacturónico parcialmente metilado.

4.3.2 Propiedades de las pectinas. Las pectinas son el coloide por excelencia, juegan un papel muy importante en las primeras etapas de desarrollo de la planta debido a su capacidad de absorber agua, llevándola entre las células más rápidas y fácilmente de lo que podría hacerlo las propiedades osmóticas de la célula. Cuando el albedo de los cítricos se calienta con ácido o agua acidulada, la protopectina se suelta de su unión con celulosa y se hidroliza a pectina la cual es soluble en agua en determinadas condiciones. La formación de un gel estable con azúcar y ácido es característica de las pectinas, mientras que la formación de un gel estable con pectinas ordinarias requiere un 65 % de azúcar y algo de ácido, las pectinas parcialmente desesterificadas (ácidos pectínicos), son independientes de la concentración de azúcar o ácido y su gelificación se puede lograr adicionando calcio o cualquier catión polivalente. Esta desmetilación parcial puede ser hecha también con ácidos y adicionando pectasa. Las pectinas ordinarias contienen de 9,5 a 11 % de grupos metoxilicos (CH_3O), y se desesterifican a 3,5

- 6 % dando ácidos pectínicos que son excelentes para producir geles. De sus soluciones acuosas, se pueden precipitar por alcohol o acetona como gelatina en suspensión, la cual es de nuevo soluble en agua; puede tener lugar también a determinada acidez por la acción de algunas sales como sulfato de magnesio, sulfato de amonio, acetato básico de plomo o sulfato de aluminio, cuyas partículas llevan carga eléctrica de signo opuesto al de la pectina (coloide cargado positivamente). La pectina es un coloide reversible de tipo liofílico, las soluciones de pectina rotan a la derecha de a luz polarizada.

La pectina cruda contiene varios hemicelulosas, pentosanos, arábanos, galactosanos y otras impurezas similares y pueden ser purificados por precipitaciones sucesivas y redisoluciones. El peso molecular de las pectinas no es fácil de determinar y es muy alto; el existente en la naranja es uno de los más altos siendo de 40.000 a 50.000 más altos que otras frutas. Además, las pectinas en la naranja se hallan menos metoxilados que en los limones.

Las cáscaras de los cítricos contienen de 1,5 % a 3 % en pectinas, secas pueden dar del 9 a 18 % en el albedo del limón se puede hallar del 2,5 a 5,5 % de pectinas ó en base seca del 30 a 40 %. Las características de una pectina están determinadas por su tamaño molecular, grado de esterificación y cantidad de sustancias que la acompañan. La proporción de protopectina existente en la naranja aumenta con la maduración y una vez es completa, más o menos las 2/3

partes son pectinas solubles. Estudiando el contenido de pectina en la uva y la naranja de Florida, se ha encontrado que:

- 1)** El porcentaje de compuestos pécticos total en el albedo y la pulpa permanece constante durante la mayoría del periodo de crecimiento.

- 2)** El porcentaje de las pectinas solubles alcanzan un máximo en estas pieles, justamente antes de declinar el porcentaje total de péctico.

- 3)** La rata de conversión de protopectina en pectinas solubles en agua es mayor en la pulpa que en el albedo.

También se ha encontrado que la descomposición de las pectinas en la clarificación de jugos es más rápida a pH 3.5 - 4.5. La presencia de la pectinesterasa en la cáscara de los cítricos ha hecho posible el desarrollo de métodos de manufactura en serie de ácidos pectínicos, utilizando la enzima "insitu", agregando álcali a la suspensión de pieles, se ayuda a la desesterificación y ésta sigue hasta que el pH es 7, luego se detiene agregando ácido hasta pH 3 - 4. Las pectinas obtenidas de los diferentes cítricos contienen grupos ácidos metilados y neutralizados en diversas proporciones, variando también de acuerdo al método de obtención.

4.3.3 Usos de las pectinas. Las pectinas son utilizadas ampliamente en la industria de alimentos como agentes hidrocoloides (gomas) y gelificantes. Tienen como componente común y principal, a una cadena lineal central constituida de unidades de ácido poli - ∞ - D - galacturónico unidas por enlaces glicosídicos 1 - 4. Dependiendo del origen botánico y el proceso de extracción los grupos carboxílicos están parcialmente esterificados con metanol y en ciertas pectinas los grupos hidroxilo están parcialmente acetilados. Azúcares neutros también están presentes, a saber, raminosa, arabinosa, galactosa, xilosa y glucosa.

La industria de alimentos utiliza las pectinas aprovechando su poder gelificante para la fabricación de néctares, mermeladas y confituras. En la industria farmacéutica la pectina se puede emplear directamente como agente terapéutico, como suplemento o potenciador de una droga, como ingrediente en una preparación o como suplemento alimenticio con un valor terapéutico definido. En otros sectores se emplea como estabilizadores de emulsiones. Las pectinas combinadas con calcio sirven para producir películas de buena resistencia (Endress, 2002). Entre los distintos productos alimenticios que utilizan como uno de los ingredientes básicos la pectina, podemos nombrar: sopas espesas, mermeladas, jaleas, compotas, conservas y salsas, además la industria farmacéutica la emplea como medio emulsificante, por el hecho de ser un constituyente normal de alimentos, pudiendo ser digerida fácilmente. En algunos

casos se la emplea como retardador de la absorción de drogas por el organismo para que su efecto sea más prologado, como es el caso de la insulina péctica.

4.3.4 Clasificación de las pectinas. Dependiendo del proceso de extracción las pectinas se clasifican en solubles en agua, pectinas quelato - solubles extraídas con soluciones quelantes de calcio y protopectinas que son solubilizadas con calor y soluciones de álcalis o ácidos diluidos. (Van Burén, 2001). Según Pilgrim (2001), teniendo en cuenta el grado de ostentación las pectinas pueden ser de alto y bajo metoxilo. El grado de esterificación determina el comportamiento de las pectinas frente a los ingredientes necesarios para la gelificación. Las de alto metoxilo son aquellas que tienen más del 50 % de los grupos carboxilos esterificados con metanol, con un máximo de 14 %, requieren la presencia de azúcar y ácido para gelificar. Las de bajo metoxilo cuyo grado de esterificación es inferior al 50 % gelifican bajo la presencia de iones de calcio. De acuerdo con el grado de esterificación (GE), las pectinas forman geles en un medio ácido y alta concentración de azúcar (pectinas de alto GE - mayor a 50 % -), o por interacción con cationes divalentes, particularmente Ca^{2+} (pectina de bajo GE - menor a 50 % -). Comercialmente, se derivan de desechos de frutas, particularmente de desechos y subproductos de la manufactura de jugos (manzana y cítricos).

4.3.5 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).

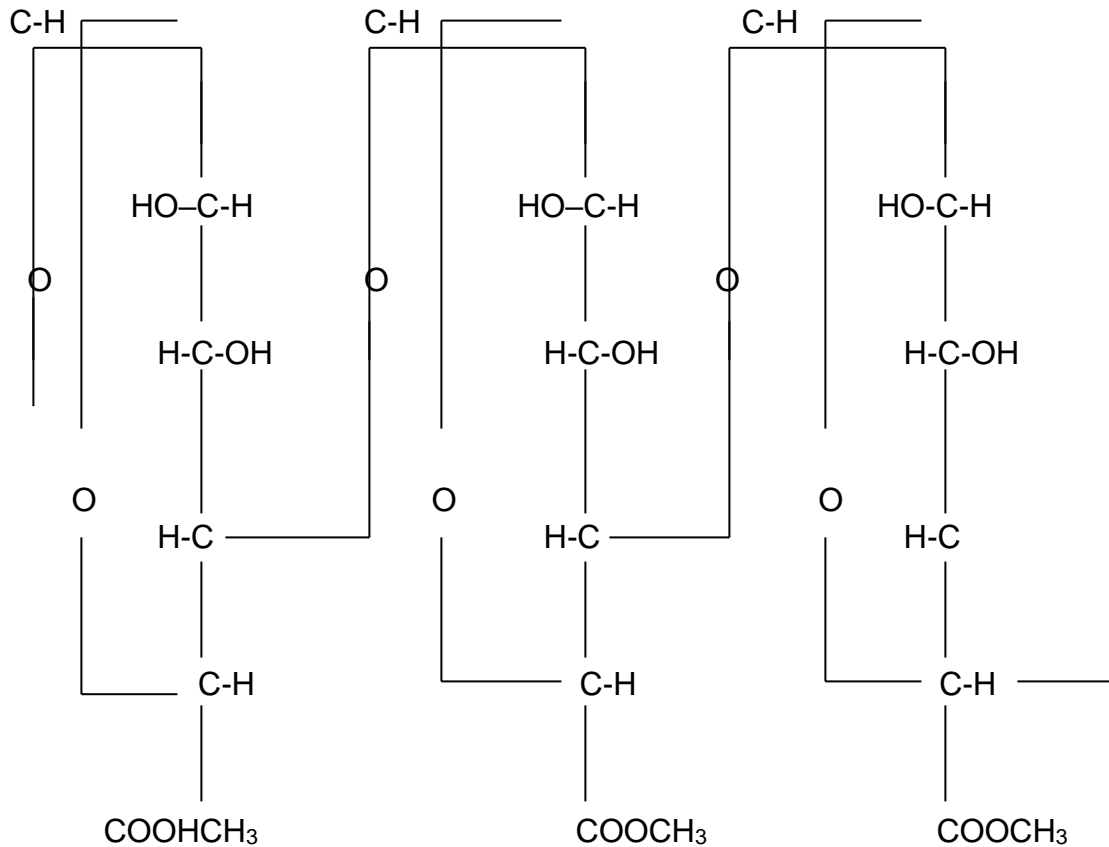
El grado de metoxilación corresponde al número de grupos metoxilos que se encuentran esterificando los grupos carboxilos del ácido galacturónico siendo un factor importante en el poder de gelificación del producto (Pilgrim, 2002). El grado de gelificación o poder gelificante de la pectina se expresa 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 (Hoeflec, 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).

4.3.6 Constitución de los compuestos pécticos. Las sustancias pécticas son una familia de carbohidratos coloidales bastantes complejas que consisten de moléculas de ácido galacturónico polimerizado, el cual es un azúcar acida estrechamente relacionado con la galactosa; poseen diferentes pesos moleculares y una unidad estructural que es la molécula sencilla del ácido D - Galacturónico. Estudios sobre la viscosidad de las pectinas han demostrado la presencia de 200 a 300 residuos de ácido D - Galacturónico en la cadena del polímero. La formula estructural de éste polímero se muestra en la siguiente figura.

Figura 1. Fórmula estructural del ácido D - Galacturónico.

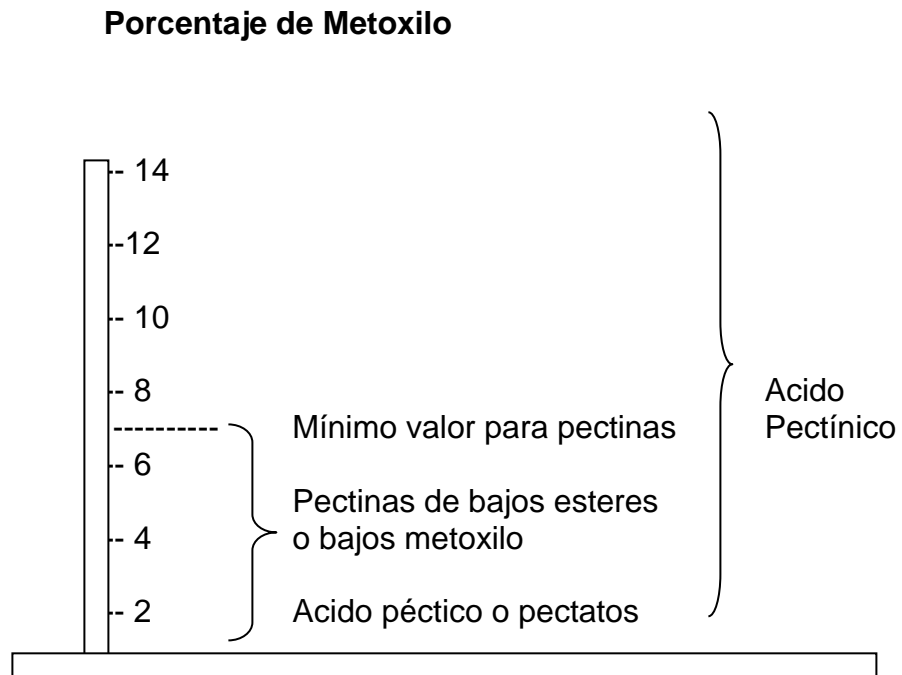


Fuente: Camacho, 2005

Se observa el carácter ácido del polímero y la presencia de grupos metoxilos. El material péctico presente en la pulpa de naranja se denomina protopectina y puede ser separado de la misma por una hidrólisis continuada en agua caliente acidulada con un ácido fuerte (sulfúrico o clorhídrico) o con un álcali como el oxalato de amonio (0.5 % o 90 °C), o por la acción de las enzimas.

4.3.7 Sustancias pécticas y grupos metoxilos. El ácido poligalacturónico parcialmente esterificado constituye la estructura de las pectinas. Si la cadenas del ácido poligalacturónico estuvieran completamente esterificada su contenido de grupos metoxilos serla del 16.32 %. La pectina fabricada por métodos comerciales o de laboratorio tiene un 12 a 14 % de metoxilos.

Figura 2. Sustancias pécticas y grupos metoxilos



Fuente: Margy Villalobos, 2006

La figura 2 ilustra como la completa desmetilación de las sustancias pécticas (eliminación de los grupos metoxilos) termina en la sustitución completa de grupos

metoxilos por grupos carboxilos formando ácido pectíneo. Los compuestos pécticos con un contenido de grupos metoxilos inferior al 7 % producen pectinas en las cuales la mayoría de los grupos esteres están reemplazados por grupos carboxilos, ocasionando que la molécula pueda reaccionar más fácilmente con iones calcio divalente presentes en los jugos de frutas. Esta propiedad es importante en la formación de gelatinas en que se encuentran como ingredientes principales esos jugos. La sensibilidad a los iones de calcio hace que las gelatinas se formen más rápidamente (gelatinas rápidas). La pectina comercial según la National Formulary Standards tiene un requerimiento mínimo del 7 % de grupos metoxilos.

4.3.8 Fuentes de material péctico. Las sustancias pécticas se encuentran principalmente en el pericarpio o corteza de las frutas, en la estructura celular de las plantas, las sustancias pécticas y las hemicelulosas están estrechamente relacionadas, pero no se consideran como parte de la reserva de carbohidratos de la planta. Las naranjas y los jugos cítricos en general son ricos en sustancias pécticas aunque también se encuentran ampliamente distribuidos en los tejidos de todas las plantas y especialmente en el bagazo de la manzana. Naranjas y manzanas constituyen la principal fuente de pectinas comerciales.

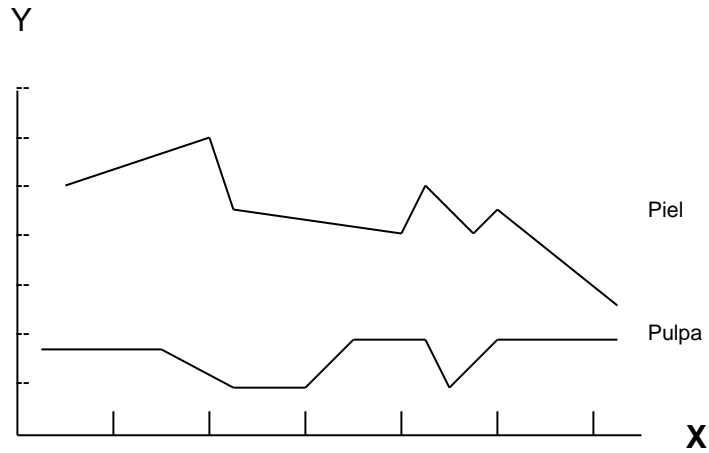
En los frutos cítricos las sustancias pécticas (protopectina y pectina) están localizadas más abundantemente en el albedo, que es la porción blanca interior de la piel del fruto. El albedo contiene aproximadamente 30 % de su peso, en

base seca como material péctico, también contiene celulosa, carbohidratos insolubles, flavonoides (pigmento amarillo de estas plantas), aminoácidos y vitaminas. Por otro lado, la pulpa de los cítricos, a diferencia de otros frutos está dividida en segmentos (carpelos) cuyas paredes no son realmente permeables y cada segmento contiene cientos de saquitos llenos de jugo cuyas paredes son más impermeables que las de los segmentos. Estas vesículas o saquitos, están compuestos de celulosa, protopectina, pectina, azúcares, flavonoides, aminoácidos, vitamina C, sales minerales y otros nutrientes. Los constituyentes solubles en el jugo están compuestos de carbohidratos soluble (glucosa, fructuosa, sucrosa), ácido orgánico, principalmente cítrico, vitamina B, sales minerales, pequeñas cantidades de pectina y muchos otros nutrientes.

Las sustancias pécticas aparecen en gran cantidad durante las tempranas épocas de crecimiento de la planta o del fruto y llega a un valor constante durante la época de la maduración, a partir de la cual comienza su degradación.

En la figura 3 se muestra el contenido de las pectinas que se encuentran tanto en la piel como en la pulpa de naranja, expresado como un porcentaje en peso de ácido galacturónico contenido en las pectinas con base al peso total del fruto, en base seca. El decrecimiento en el porcentaje del ácido galacturónico observado en la figura se explica por la degradación de las pectinas a medida que el fruto madura.

Figura 3. Porcentaje en peso de ácido galacturónico contenido en piel y pulpa de naranja.



Fuente: Attri, 1996

En el mercado comercial, las pectinas de alto metoxilo (HM) pueden ser de tres tipos:

Tabla 4. Clasificación de las pectinas.

Gelificación de la pectina	Porcentaje de esterificación
Lenta	60 - 67
Media	68 - 70
Rápida	71 - 76

Fuente: Durán Ramírez, 2005

Las pectinas con alto índice de metoxilo que determinan el grado de esterificación con radicales metílicos contiene mas de 50 unidades de acido poligaracturónico. Esterificadas y las pectinas con bajo índice de metoxilo son las que tienen menos del 50 % de unidades esterificadas del acido galacturónico.

4.4 MARCO LEGAL DE LAS PECTINAS

El rreglamento técnico sobre los requisitos que deben cumplir las pectinas como aditivos alimentarios que se fabriquen, procesen, envasen, almacenen, transporten, expendan, importen, exporten, comercialicen y se empleen en la elaboración de alimentos en el territorio nacional se basa en el decreto 3075 del 27 de diciembre 2007, el cual regula todas las actividades que puedan generar factores de riesgo para el consumo de alimentos, relacionados con las pautas básicas en las buenas prácticas de manufactura en la fabricación, producción y almacenamiento de productos alimenticios.

En el decreto 3466 de 1982 se dictan normas relativas a la idoneidad, calidad, garantías, marcas, leyendas, propagandas y fijación pública de precios de bienes y servicios, la responsabilidad de sus productores, expendedores y proveedores.

El decreto 2106 de 1983 se aplica a los aditivos para alimentos que se produzcan, importen, procesen, envasen, transporten, comercialicen o consuman en el territorio nacional. Denominase aditivos para alimentos toda sustancia o

mezcla de sustancias, dotadas o no de valor nutritivo, agregada intencionalmente en la mínima cantidad necesaria a los alimentos con el fin de impedir alteraciones, mantener, conferir o intensificar su aroma, color o sabor, modificar o mantener su estado físico general o ejercer cualquier función necesaria para una buena tecnología de fabricación del alimento, las pectinas se encuentran clasificadas como aditivos alimentarios.

La pectina se identifica en todos los países del mundo con el número de matrícula europeo E440 para aditivos alimentarios. Este número de matrícula le permite ser identificado fácilmente y además de conocer todos los requisitos legales de la procedencia de este aditivo.

Las pectinas para su producción y utilización en la industria de alimentos está reglamentada, por las normas NTC 1078 y NTC 1453, las cuales establecen las normas generales para la producción, las cantidades máximas y mínimas para la utilización en la elaboración de alimentos.

5. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO

Evaluación de la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a partir de las cáscaras de naranja, de las variedades valencia y común, en estado de maduración grado cinco (5).

Objetivos del proyecto:

5.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a nivel de planta piloto, a partir de las cáscaras de la naranja de las variedades valencia y común, en igual grado de maduración (grado cinco).

5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicar el método de extracción de hidrólisis acida para la obtención de pectina de los desechos de naranja valencia y común.
- Efectuar análisis de laboratorio a las muestras de pectina obtenidas en el proceso experimental, evaluando porcentaje de metoxilo, porcentaje de

gelificación, ácido anhidro galacturónico, humedad, materia seca, cenizas, proteínas, grasa y fibra.

- Realizar un balance de materia y energía para determinar rendimientos de la pectina obtenida.

Desarrollo metodológico a partir de los objetivos planteados:

5.3 Localización.

El desarrollo de la investigación se llevará a cabo en la ciudad de Popayán; capital del Departamento del Cauca, localizado al sur - occidente de Colombia;

la planta piloto fue realizada en el laboratorio de post - cosecha del SENA de la ciudad de Popayán, en los días 18 y 19 de octubre del 2009.

Las naranjas (materia prima) para los 8 (ocho) ensayos de laboratorio, se obtuvo de la finca la Arrobleda del municipio de Santander de Quilichao, el cual se encuentra ubicada al norte del departamento del Cauca. La actividad económica principal de la finca, es el cultivo y comercialización del fruto de naranja para la venta al por mayor, a empresas regionales productoras de jugos cítricos de los departamentos del Cauca y Valle. Previamente a la realización de los ensayos, la naranja se mantuvo refrigerada para evitar la contaminación del fruto y garantizar sus condiciones físico - químicas.

Las muestras de los frutos para los ensayos en la planta piloto, fueron obtenidas de los árboles que tienen seis años de sembrados. Las frutas fueron seleccionadas y clasificadas por su calidad, grado de maduración y aceptabilidad comercial (sin evidencia de daños físicos o por insectos, calibre promedio, adecuada turgencia y aceptables características organolépticas).

5.4 Tipo de Investigación.

Según Dankhe (1986), existen 4 tipos de investigación o tipos de estudios: exploratorios, descriptivos, correlacionales y experimentales o explicativos. El tipo de estudio aplicado en el presente proyecto de grado fue de tipo experimental o explicativo.

Existen 5 (cinco) métodos de investigación: observación, inductivo, deductivo, de análisis y de síntesis (Méndez, 2003). El método de investigación aplicado en el presente proyecto de grado fue de análisis. Al final del proceso de extracción de la pectina obtenida de las dos variedades de naranja (Valencia y Común), se le evaluarán los porcentajes de metoxilo, ácido galacturónico, proteínas, fibra, cenizas y grado de gelificación.

La investigación también es de carácter evaluativo y descriptivo porque se van a evaluar las calidades de las pectinas a través de pruebas de laboratorio y

descriptivo por cuanto se va a describir la forma de obtención de la pectina y cual de las dos variedades produce una mejor calidad.

5.5 Proceso de extracción de pectina.

Antes de iniciar el proceso de extracción de pectinas se realizaron operaciones de limpieza con agua y jabón. Luego se realizó la desinfección con hipoclorito de sodio comercial al 5.25 %, para el lavado de frutas, manos, áreas y superficies en contacto. Las diferentes concentraciones para los procesos de desinfección se calcularon con la siguiente formula:

$$V \text{ hipoclorito} = \frac{V \text{ prep.} \times [] \text{ ppm}}{10 \times [] \text{ del hipoclorito}}$$

Fuente: Macmillan Press, 1996

En cada uno de los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (cuatro con naranja valencia y cuatro con naranja común) se pesó en una balanza los frutos enteros para la extracción de la pectina (12 naranjas para cada ensayo). Se removió el flavedo y alvedo del fruto con cuchillos de acero inoxidable realizando cortes en forma circular.

En cada ensayo de laboratorio se pesó en una balanza el flavedo y el albedo para posteriormente realizar las operaciones de balance de materia. Las cáscaras cítricas se dejaron en remojo a temperatura ambiente durante 24 horas, el material se lavó con agua y desinfectante y se redujo el tamaño en rectángulos de 1 x 2 cms, con el objetivo de facilitar el proceso de obtención, de los cuales se utilizó una muestra de 300 gramos para cada uno de los 8 (ocho) ensayos. Posteriormente se colocó el material en bolsas plásticas con las tarjetas de identificación respectivas y se almacenó por dos días en un congelador a una temperatura promedio de - 2 (menos dos) grados centígrados. Para la obtención de la pectina se descongeló el albedo, inicialmente a temperatura de refrigeración y posteriormente a temperatura ambiente.

La operación de inactivación de enzimas se realizó con el propósito de hacer más eficiente el proceso de extracción, eliminar suciedades y microorganismos presentes en la cáscara. Se colocó el albedo en una concentración de 300 gramos, en 900 mililitros de agua en una relación 1:3, y se calentó a 90 °c por un tiempo de 15 minutos.

La solución heterogénea (agua más albedo) se decantó para posteriormente realizar la operación de hidrólisis.

Para el proceso de hidrólisis acida se utilizó el método abierto, en el cual el calentamiento de la solución se hace un recipiente abierto a la atmosfera. Al

albedo decantado se le agregaron 900 mililitros de agua con una relación 1:3, se colocó hasta que alcanzara una temperatura de 90 °c y se mantuvo por un tiempo de 35 minutos manteniendo agitación permanente, para evitar que el material sólido se depositara en el fondo. Posteriormente a esta solución se le agregó ácido clorhídrico al 37 % gota a gota, hasta obtener un pH de 2.0, se continuó con la agitación cada 15 minutos hasta completar una hora, se controló y ajustó el pH manteniéndolo constante hasta el final de la hidrólisis.

Después que se suspendió la agitación se filtró la solución en caliente con ayuda de un filtro de tela, esto con el objetivo de separar el material sólido de la solución líquida. El retenido o bagazo se pesó, se deshidrató y se volvió a pesar para establecer los rendimientos.

La solución de pectina se neutraliza con hidróxido de amonio (NH_4OH) al 32 % hasta alcanzar un pH de 4. Posteriormente esta solución se precipitó con el método que emplea alcohol etílico ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) al 97 %, con una relación de solución de alcohol de 1:2 en volumen. Se agitó y se dejó en reposo por 30 minutos.

Después del reposo se filtra la solución en un filtro de tela, y se vuelve a disolver la pectina en agua acidulada (pH 2) y luego se precipita nuevamente con alcohol con el objetivo de eliminar las impurezas.

El proceso de secado de la pectina se realizó en un horno eléctrico a una temperatura de 40 °c durante 12 horas. Una vez secada la pectina se procedió a homogenizar el tamaño de sus partículas y mejorar su apariencia, por lo cual se maceró en un mortero de porcelana y se almacenó al medio ambiente en una bolsa ziploc.

Finalmente el polvo de pectina se llevó a las instalaciones del laboratorio de la unidad de Análisis industriales de la Universidad del Cauca, donde se le realizaron análisis físico - químicos relacionados con el porcentaje de metoxilo, porcentaje de gelificación, ácido anhidro galacturónico, humedad, cenizas, proteínas, grasa y fibra.

Se realizó un balance de materia y energía para todos los ensayos realizados en el laboratorio, el procedimiento empleado para realizar el balance fue el siguiente:

- 1, De las naranjas se extrajeron las cáscaras.
2. Se realiza una selección de las mejores cáscaras a utilizar, en función de la presencia de alvedo.
3. Se separa el alvedo de las cáscaras y se seleccionan 300 gramos, con los cuales se realiza el proceso de extracción de la pectina.

4. En primer lugar se realiza una inactivación de enzimas con el fin de retirar las impurezas en el albedo. Para este proceso se debe calentar a 90 °C, durante 15 minutos en un recipiente con agua en una relación 1:3 albedo – agua.

Como se tienen 300 g de albedo, el agua a usar debe ser unos 900 g de H₂O, esto equivale a 0.9 L, realizando el balance energético se tiene:

Para calentar la solución se usó una estufa eléctrica de una potencia de 2200W, energía de consumo.

$$E = p.t = (2200 \text{ W}) (15 \times 60 \text{ s}) = 1980000 \text{ j}$$

Ya que 1 cal = 4,182 j entonces **E = 473.457 Kcal.**

Ahora la energía necesaria para que los 300 g de albedo lleguen a 90 °C desde la temperatura ambiente 25 °C es:

$$E = m.C_p \Delta T = (300 \text{ g}) (3,77 \frac{\text{Kj}}{\text{Kg K}}) (90 - 25 \text{ K})$$

$$E = 73515 \text{ j}$$

$$E = 17,578 \text{ Kcal}$$

y la energía para que el agua se caliente a 90 °C es:

$$E = m \cdot C_p \cdot \Delta T = (900 \text{ g}) (4,18 \frac{\text{J}}{\text{g K}}) (65)$$

$$E = 244647 \text{ J}$$

$$E = 58,500 \text{ Kcal}$$

Realizando el balance energético tenemos:

$$E_e = E_a + E_{H_2O} + Q \quad \text{donde } Q, \text{ es el calor disipado en el proceso,}$$

$$E_e - E_a - E_{H_2O} = Q \quad \text{entonces } Q \text{ es:}$$

$$Q = 397,379 \text{ Kcal}$$

En cuanto a la masa, la solución por el momento consta de albedo y agua:

$$M_t = m_a + m_{H_2O} = 1200 \text{ g}$$

5. Posteriormente en el proceso de hidrólisis se le adiciona HCl al 37 % a la solución de albedo – agua, para rebajar el pH a 2.0 y se calienta nuevamente hasta los 90 °C durante 1h, se debe agitar permanentemente. Puesto que se tiene la misma cantidad de agua y albedo y se desea llegar a la misma temperatura, las energías para cada uno, necesarias para llegar a esa temperatura son las mismas.

$$E_{H_2O} = 58,5 \text{ Kcal}$$

$$Ca = 17,578 \text{ Kcal}$$

Como se usa la misma estufa para el proceso con una potencia de 2200 W durante 1h, la energía empleada es de:

$$E_e = P \cdot t = (2200 \text{ W}) (60 \text{ min} \times 60 \text{ s}) = (2200 \text{ W}) (3600 \text{ s})$$

$$1 \text{ ma}$$

$$E_e = 7920000 \text{ J}$$

$$E_e = 1893,83 \text{ Kcal.}$$

Y en cuanto a la masa en el proceso se ve que:

$$m_T = m_a + m_{H_2O} + m_{HCl}$$

es decir que:

$$m_T = 300 \text{ g} + 900,882 \text{ g} + 0,000616 \text{ g}$$

$$m_T = 1200,882616 \text{ g}$$

6. En esta primera etapa de filtración se realiza mientras esta caliente y se obtiene una pectina viscosa no ocurre un cambio energético, sino que la masa del HCl y del agua disuelta se desechan, pero se desconoce en este punto la cantidad

de pectina viscosa, es decir que no se sabe cuánta cantidad de H₂O permanece en el proceso.

7. Inmediatamente se agrega NH₄OH para neutralizar la mezcla y llevarla a un pH de 4.0 aprox.

8. Luego se adiciona etanol (C₂H₅OH) al 97 % en una relación 1:2 solución – etanol volumen, por tanto hasta ahora podemos decir que en masa tenemos:

$$m_T = m_a + m_{H_2O} + m_{NH_4OH} + m_{metanol}$$

Como se adicionan 15 ml de NH₄OH con una densidad de 0,89 g/ml al 32 % la masa del NH₄OH es:

$$m_{NH_4OH} = p.v = (0,89 \text{ g}) (15\text{ml}) (0,32) = 4,272 \text{ g}$$

m

$$m_{H_2O} = p.v = (1 \text{ g}) (15\text{m}) (0,68) = 10,2 \text{ g}$$

m

y la masa de etanol C₂H₅OH con una densidad de 0,802 g/m y un volumen de 1L al 97 %.

$$m_{\text{Metanol}} = \rho \cdot v = (0,802 \text{ g}) (1\text{L}) (0,97) = 777,94 \text{ g}$$

m

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = \rho \cdot v = (1 \text{ g/m}) (1\text{L}) (0,03) = 30 \text{ g}$$

$$m_T = (m_a + m_{\text{H}_2\text{O}}) + 4,272 \text{ g} + 10,2 \text{ g} + 777,94 \text{ g} + 30 \text{ g}$$

$$m_T = 822,412 \text{ g} + (m_a + m_{\text{H}_2\text{O}}) \rightarrow \text{donde } m_a + m_{\text{H}_2\text{O}} \text{ es la pectina viscosa}$$

Es decir: $m_T = 822,412 \text{ g} + m_p$

Como el HCl está a una concentración del 37 % (en agua) vemos que el volumen de HCl es de $0,37 \times 1,4 \text{ ml}$.

$$V_{\text{HCl}} = 0,37 \times 1,4 \text{ ml} = 0,518 \text{ ml} \quad \text{y}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,63 \times 1,4 \text{ ml} = 0,882 \text{ ml}$$

Es decir que la masa de HCl con una densidad de $\rho = 1,190 \text{ Kg}$

C

Y una capacidad calorífica de $2,43 \text{ KJ}$, la energía del HCl es de:

Kg K

$$E_{\text{HCl}} = m C_p \Delta T = \rho \cdot v C_p \cdot \Delta T =$$

$$E_{\text{HCl}} = (1,190 \text{ Kg}) (0,518 \text{ ml}) (2,43 \text{ KJ}) (65 \text{ K})$$

I

~~Kg K~~

$$E_{\text{HCl}} = 97,36 \text{ j}$$

$$E_{\text{HCl}} = 23,28 \text{ cal} = 0,023 \text{ Kcal}$$

Para el otro volumen de agua se tiene:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = m C_p \Delta T = p \cdot v C_p \Delta T = (1 \underline{\text{g}}) (0,882 \text{ ml}) (4,182 \underline{\text{j}}) (65 \text{ K})$$

ml gK

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 239,75 \text{ j}$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 57,33 \text{ cal} = 0,057 \text{ Kcal}$$

Si se usan 8 ml de HCl al 37 % las energías respectivas serían:

$$E_{\text{HCl}} = 133,03 \text{ cal} = 0,133 \text{ Kcal} \quad \text{y}$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 327,6 \text{ cal} = 0,327 \text{ Kcal}$$

Realizando el balance de energía para este proceso se tiene:

$$E_e = E_a + E_{\text{H}_2\text{O}} + E_{\text{HCl}} + Q$$

Saber que:

$E_{\text{H}_2\text{O}}$ es la suma de los 900 g más el solvente del HCl de los 0,882 ml

Donde Q es el calor disipado, por tanto:

$$Q = E_e - E_a - E_{\text{H}_2\text{O}} - E_{\text{HCl}}$$

$$Q = 1817,672 \text{ Kcal.}$$

Después de adicionar el etanol en la relación indicada y del etanol usado, podría decirse que está presente en la solución un volumen aproximado de 500 ml, ahora se prosigue a realizar un nuevo proceso de filtración, después de observar el evento de la precipitación por efecto del etanol 30 minutos después de haber sido adicionado.

9. Los flóculos cristalinos observados en la precipitación son extraídos por filtración y se desechan el resto de la solución de etanol con NH_4OH resultando finalmente una masa de 456 g, al realizar el balance de masas tenemos:

$$m_T = m_{\text{metanol}} + m_{\text{NH}_4\text{OH}} + m_a + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

al filtrar se va la masa de etanol y del NH_4OH y queda:

$$m_T = m_a + m_{\text{H}_2\text{O}} = m_p$$

Como esta masa de la pectina húmeda es de 456 g podemos afirmar por el momento que:

$$456 \text{ g} = m_a + m_{\text{H}_2\text{O}}$$

Si se conservan los 300 g del albedo entonces tenemos que:

456 g = 300 g + m_{H₂O} = mp →pectina húmeda

Es decir que: **m_{H₂O} = 156 g**

10. Finalmente en el proceso de secado o deshidratación de la pectina húmeda se usa un horno de una potencia de 1200 W por 24 horas realizando el balance y cálculo de energías se tiene:

$$E_e = p \cdot t = (1200 \text{ W}) (24 \text{ h}) = (1200 \text{ W}) (24 \times 3600 \text{ s})$$

$$\mathbf{E_e = 103680000 \text{ j} = 25920 \text{ Kcal.}}$$

$$\mathbf{E_a = m \text{ cp} AT = 73,515 \text{ Kj} = 17,578 \text{ Kcal}}$$

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = m \text{ cp} AT = (156 \text{ g}) (4,182) (65) = 42405, 48 \text{ J}$$

$$\mathbf{E_{\text{H}_2\text{O}} = 10,19 \text{ Kcal.}}$$

Hacienda el balance de energía tenemos:

$$\mathbf{E_e = E_a + E_{\text{H}_2\text{O}} + Q}$$

$$\mathbf{Q = E_e - E_a + E_{\text{H}_2\text{O}} = 25892,282 \text{ Kcal.}}$$

Este es el calor mínimo disipado en el proceso, ya que el agua poco a poco se va evaporando, además en el proceso de evaporación no todo el albedo es pectina por lo cual en este también hay pérdidas de peso y al final mucho más calor sería disipado que el absorbido por la pectina.

Finalmente se obtiene como resultado una cantidad de pectina seca de 12,9278 g.

$$M_p = 12,9278 \text{ g.}$$

Según este proceso se puede decir que a partir de estos 300 g de albedo se obtienen unos 12,9278 g de pectina seca. Calculando un porcentaje de rendimiento en masa se tiene que:

$$\% \text{ rendimiento en masa} = \frac{m_{\text{pectina}}}{\text{Albedo}} \times 100$$

Albedo

$$\% \text{ rendimiento en masa} = \frac{12,9278 \text{ g}}{300 \text{ g}} \times 100 = 4,31 \%$$

300 g

En cuanto a un aproximado aprovechamiento energético tenemos lo siguiente:

Proceso	Ee	Ea	E _{H₂O}	E _{HCl}	Q
4	473,457	17,578	58,5	-	397,379
5	1893,83	17,578	58,557	0,023	1817,672
10	25920	17,578	10,14	-	25892,282

Todos los valores energéticos están en Kcal.

Al sumar las energías se debe cumplir que:

$E_e \text{ total} = E_a \text{ total} + E_{H_2O} \text{ total} + E_{HCl} + Q \text{ total}.$

y esto nos permite ver que el rendimiento energético está en función de la cantidad de energía aprovechada en los procesos, es decir:

En el proceso 4 la energía aprovechada es $E_a + E_{H_2O}$

% rendimiento energético = $\frac{E \text{ aprovechada}}{E_e} \times 100$

E_e

% rendimiento energético = $\frac{76,078}{473,457} \times 100 = 16,06 \%$

473,457

En el proceso 5 La energía aprovechada = $E_a + E_{H_2O} + E_{HCl}$

% rendimiento energético = $\frac{76,158}{1893,83} \times 100 = 4,02 \%$

1893,83

En el proceso 10 La energía aprovechada = $E_a + E_{H_2O}$

% rendimiento energético = $\frac{27,718}{25920} \times 100 = 0,107 \%$

25920

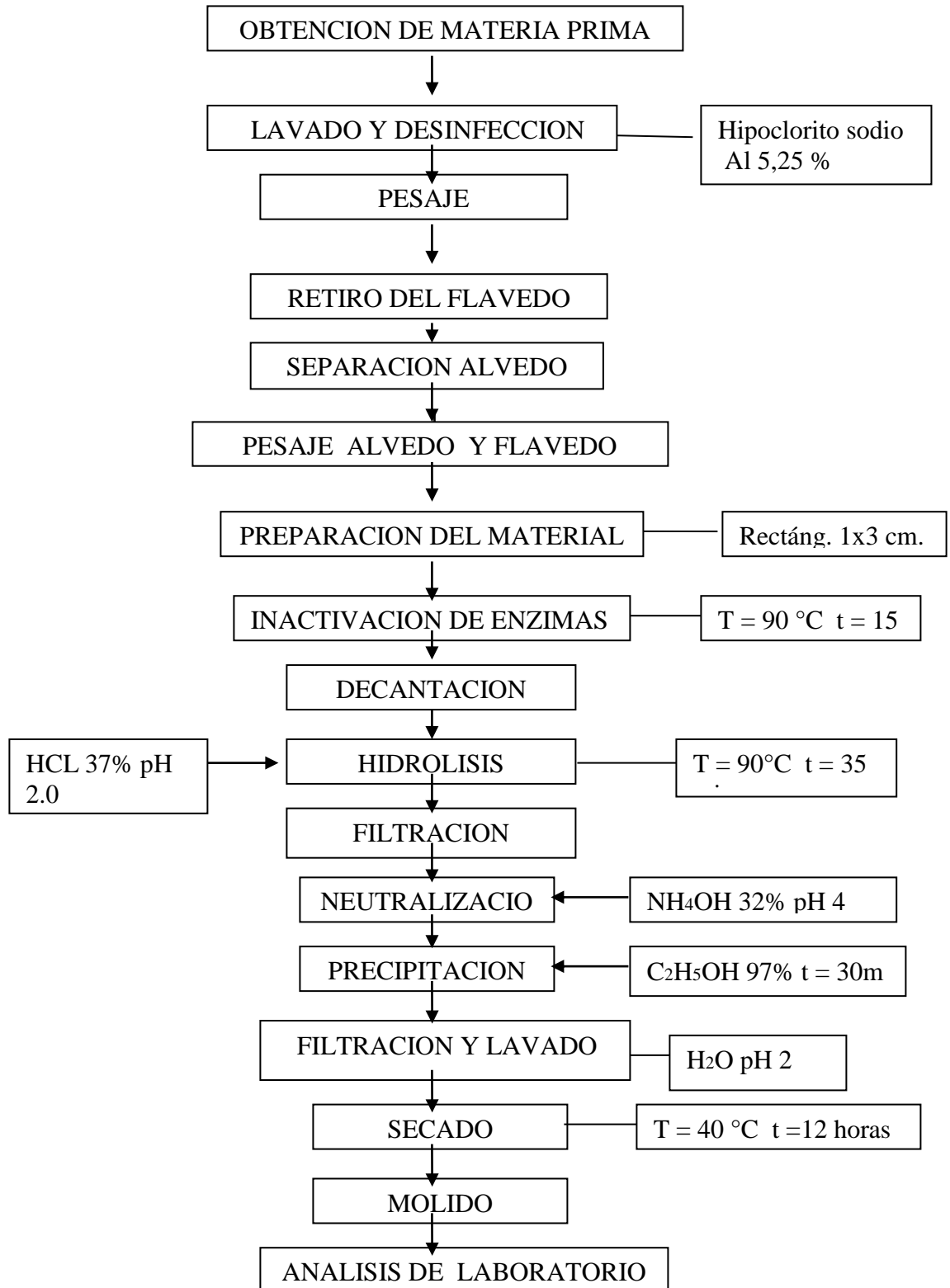
Y el rendimiento total del proceso es de:

$$\% \text{ rendimiento energético} = \frac{E_{a \text{ total}} + E_{\text{H}_2\text{O Total}} + E_{\text{HCl}}}{E_{e \text{ total}}} \times 100$$

$$\% r E = \frac{179,954}{28287,287} \times 100 = 0,636 \%$$

En total fue disipado una cantidad de calor Q equivalente a 28107,333 Kcal esto es cerca de **99,36 %** de la energía total.

Figura 4. Diagrama de flujo proceso de obtención de la pectina cítrica



5.6 Diseño experimental.

Para el análisis de las diferentes variables a evaluar, se realizará un análisis de varianza (ANDEVA), con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas. Se utilizará una prueba de comparación de Tukey ($p < 0.05$).

En el presente proyecto se usó un diseño experimental completamente al azar (DCA), el cual permite mantener controladas las características ambientales externas. Se evaluó un tratamiento con tres repeticiones para cada variedad de naranja (Valencia y común), para un total de ocho unidades experimentales.

5.7 Variables A Investigar.

5.7.1 Influencia de la variedad de naranja en la calidad de pectina obtenida.

- **% de ácido D-galacturónico:** Es un monosacárido de 6 átomos de carbono correspondiente a la forma oxidada de la D-galactosa, por lo que también pertenece al grupo de los azúcares ácidos. Es el principal componente de las pectinas, donde puede encontrarse en forma de ácido poligalacturónico. La riqueza en ácido galacturónico indica la pureza de la pectina extraída.

- **% de metoxilo:** El porcentaje de metoxilo se refiere a la cantidad de metoxilos que se han unido al grupo carboxílico del ácido galacturónico para formar el éster y, entre mayor sea el porcentaje de metoxilos mayor es la rapidez de gelificación.

5.7.2 Tiempo, temperatura y pH en el proceso de extracción de pectina.

- Valor de pH en la extracción de pectina: Con un pH constante en los procesos de hidrólisis (pH 2) y neutralización (pH 4). Para la determinación del pH se utilizó un pH-metro marca Thomas Scientific, tipo sonda, modelo T5675 pH/Isemeter. Las mediciones se realizaron mediante la introducción del electrodo en la solución.

- Temperatura de los procesos: Se mantuvo constante en las operaciones de inactivación de enzimas (90 °C), hidrólisis (90 °C) y secado (40 °C).

- Tiempo de los procesos: Se mantuvo constante en las operaciones de inactivación de enzimas (15 minutos), hidrólisis (35 minutos), precipitación (30 minutos) y secado de la pectina (12 horas).

5.8 Materiales:

- Balanza Analítica
- Estufa eléctrica
- pH – metro
- Horno eléctrico
- Centrífuga
- Termómetro digital
- Matraz
- Vasos precipitados

5.9 Tratamientos:

5.9.1 Para desarrollar la variable **Influencia de la variedad de naranja en la calidad de pectina obtenida**; se trabajó con un ensayo (1) por variedad de naranja, con tres (3) repeticiones para cada ensayo, para un total de ocho (8) unidades experimentales de 300 gramos cada una por tratamiento. Las variables relacionadas con la temperatura, pH, tiempo se mantuvieron constantes en todos los tratamientos experimentales.

<i>Pectina obtenida de la variedad VALENCIA</i>	<i>Pectina obtenida de la variedad COMÚN</i>
<i>T1:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.	<i>T1:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.
<i>T2:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.	<i>T2:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.
<i>T3:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.	<i>T3:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.
<i>T4:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.	<i>T4:</i> 300 gramos de <i>alvedo</i> con variables constantes de pH , tiempo y temperatura en todos los ensayos de laboratorio.

5.9.2 Para desarrollar la variable **Tiempo, temperatura y pH en el proceso de extracción de pectina;** se tomaron tiempos, temperaturas y pH constantes en todos las 8 (ocho) unidades de experimentación.

Los tiempos experimentales para los ensayos de laboratorio serán de:

- **Variable pH:** Hidrólisis (pH 2) y neutralización (pH 4).
- **Temperatura:** Inactivación de enzimas (90 °C), hidrólisis (90 °C) y secado (40 °C).
- **Tiempo:** Inactivación de enzimas (15 minutos), hidrólisis (35 minutos), precipitación (30 minutos) y secado de la pectina (12 horas).

5. 10 Fuente de la información.

La fuente de información utilizada fue de tipo secundaria.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 PRODUCTO OBTENIDO

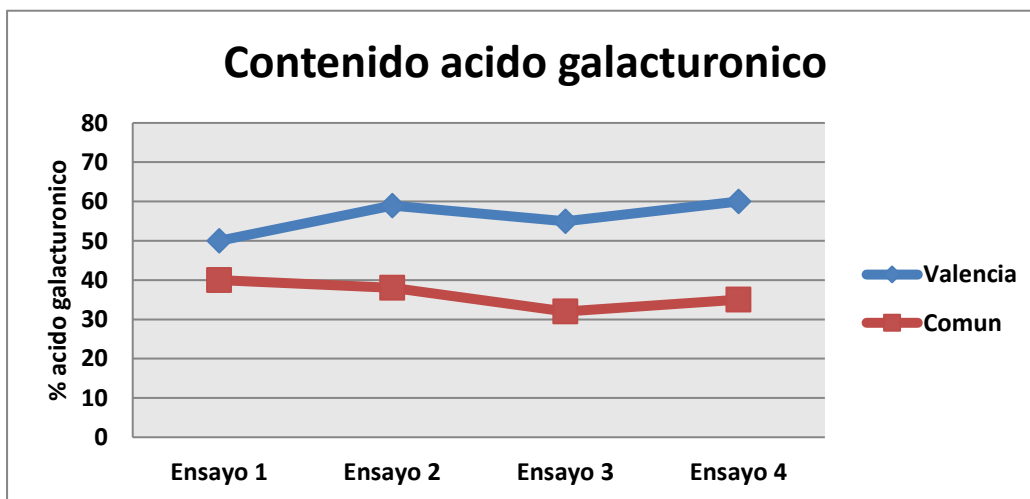
Se realizaron 8 (ocho) ensayos de laboratorio, 4 (cuatro) con naranja variedad Valencia y 4 (cuatro) con naranja de variedad común, utilizando para todos los ensayos el mismo procedimiento y manteniendo constantes las variables de temperatura, pH y tiempo. La pectina se obtuvo de las cáscaras de las naranjas y el resultado fue un producto en forma de galleta de color amarillo, el cual después del proceso de secado fue macerado para obtener un producto de tamaño uniforme, por último se empacó en bolsas siplok y se envió al laboratorio de análisis industrial de la Universidad del Cauca para la realización de los análisis fisicoquímicos, obteniendo los siguientes resultados:

6.2 ANALISIS FISICOQUIMICO

Tabla 5. Contenido de ácido galacturónico.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	50	± 0,05	Ensayo 1	40	± 0,06
Ensayo 2	59	± 0,05	Ensayo 2	38	± 0,06
Ensayo 3	55	± 0,05	Ensayo 3	32	± 0,06
Ensayo 4	60	± 0,05	Ensayo 4	35	± 0,06
Promedio	56	± 0,05	Promedio	36,25	± 0,06

Fuente: presente estudio.



La riqueza del ácido galacturónico (AGA) es una de las características que permite determinar la pureza de la pectina obtenida, a mayor cantidad de este ácido la pectina posee mayor peso molecular, debido a que depende de la longitud de la

cadena y esto influye en la sólidos del gel producido es decir en el poder gelificante y se expresa en grados SAG.

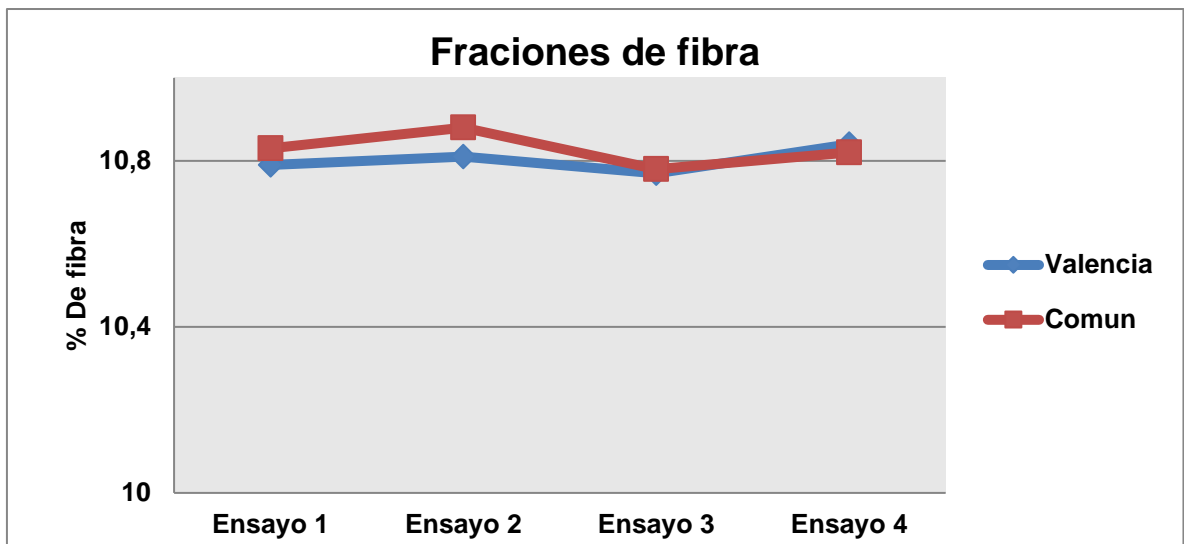
Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 ensayos con cáscaras de naranja Valencia y 4 ensayos con cáscaras de la variedad Común) se puede determinar que la pectina obtenida de la variedad valencia, tiene un mayor porcentaje de ácido galacturónico, encontrándose entre 50 y 60 por ciento con un promedio de 56 %, la cual se puede clasificar como de alto índice de metoxilo, debido a que contiene más de un 50 % de unidades de ácido poligaracturónico (Ramírez Acero, 2006).

Los análisis realizados a la pectina variedad Común, muestran que tienen menor porcentaje de ácido galacturónico encontrándose entre 32 y 40 %, con un promedio de 36,25 %, esta pectina se clasifica como de bajo índice de metoxilo, debido a que contiene menos de un 50 % de unidades de ácido poligalacturónico.

Tabla 6. Fracciones de fibra.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	10.79	± 0,07	Ensayo 1	10.83	± 0,06
Ensayo 2	10.81	± 0,07	Ensayo 2	10.88	± 0,06
Ensayo 3	10.77	± 0,07	Ensayo 3	10.78	± 0,06
Ensayo 4	10.84	± 0,07	Ensayo 4	10.82	± 0,06
Promedio	10.80	± 0,07	Promedio	10.83	± 0,06

Fuente: presente estudio



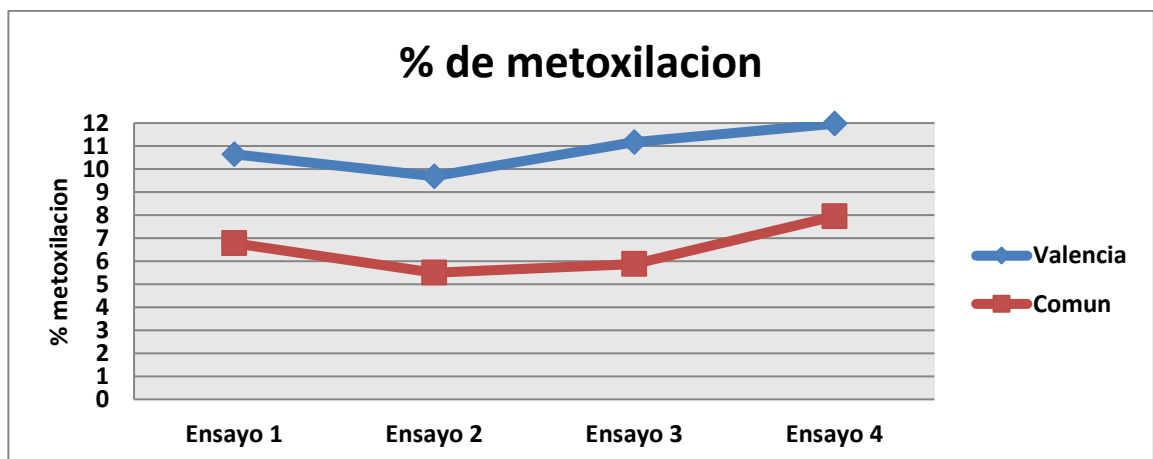
La fibra es un residuo orgánico combustible que queda después que la muestra se ha tratado en condiciones determinadas con sustancias químicas. De acuerdo a los resultados obtenidos en la pruebas de laboratorio, se observa que los

porcentajes de fibra en las dos variedades de naranja valencia y común oscilan entre el 0,01 y el 0,07 %, con un promedio de 0,035 %.

Tabla 7. Grado de metoxilación.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	10.64	± 0,04	Ensayo 1	6.78	± 0,05
Ensayo 2	9.69	± 0,04	Ensayo 2	5.50	± 0,05
Ensayo 3	11.17	± 0,04	Ensayo 3	5.88	± 0,05
Ensayo 4	11.97	± 0,04	Ensayo 4	7.95	± 0,05
Promedio	10.87	± 0,04	Promedio	6.53	± 0,05

Fuente: presente estudio



Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 de cáscaras de naranja Valencia y 4 de la Común), se puede determinar que la pectina obtenida de la

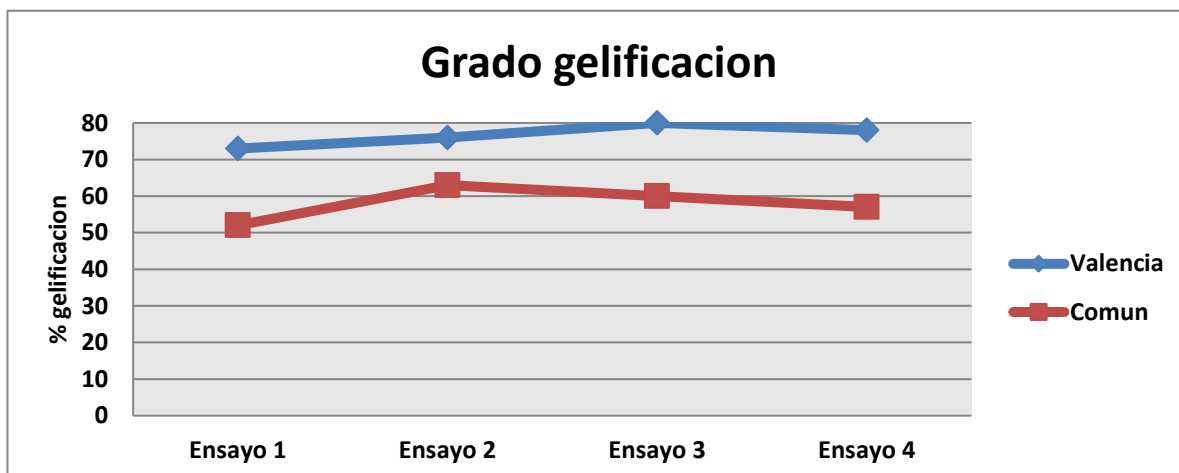
variedad valencia tiene un mayor grado de metoxilación encontrándose entre 9,69 y 11,97 %, con un promedio de 10,87 % de metoxilación. Además se clasifica como de Alto índice de metoxilo, debido a que el valor de metoxilación es mayor de 7 %.

La pectina obtenida de la variedad Común tiene un menor grado de metoxilación encontrándose entre 5,5 y 7,95 %, con un promedio de 6,53 %. La cual clasifica como de Bajo índice de metoxilo, debido a que el valor de metoxilación es menor de 7 %. El soporte bibliográfico para esta afirmación es el texto de tecnología de frutas y verduras de la UNAD, el Manual del ingeniero de Alimentos del grupo editorial latino y el texto Procesos tecnológicos de Jorge Devia Pineda.

Tabla 8. Grado de gelificación.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	73	----	Ensayo 1	52	----
Ensayo 2	76	----	Ensayo 2	63	----
Ensayo 3	80	----	Ensayo 3	60	----
Ensayo 4	78	----	Ensayo 4	57	----
Promedio	76.75	----	Promedio	58	----

Fuente: presente estudio

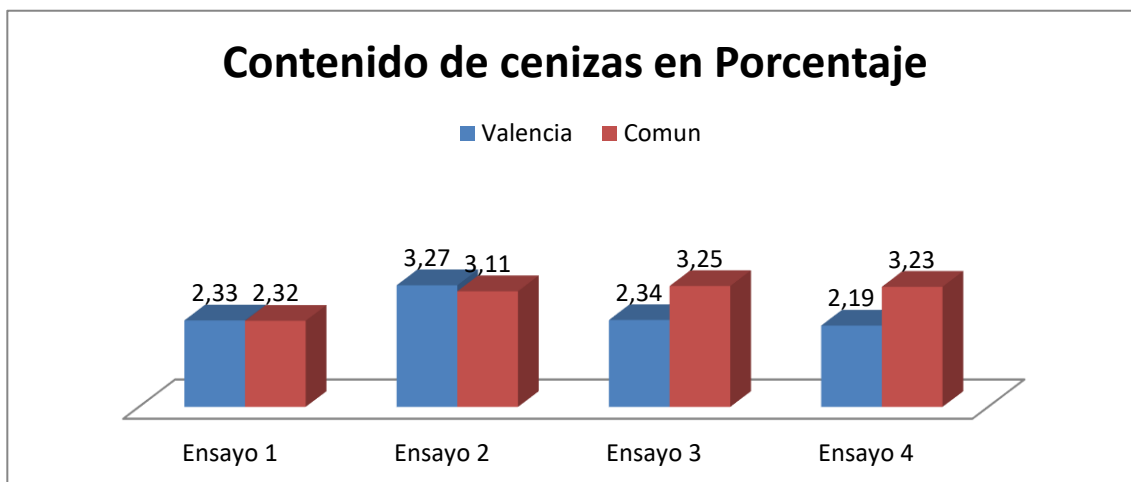


Teniendo como base los datos entregados en el laboratorio, se puede concluir que la pectina obtenida de las cáscaras de naranja de la variedad valencia es de gelificación lenta, ya que presenta un porcentaje de esterificación comprendido entre los rangos de 60 y 67 %. Esta propiedad la hace apta para preparación de mermeladas y geles en general.

Tabla 9. Contenido de cenizas.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	1.39	± 0,66	Ensayo 1	4.12	± 0,69
Ensayo 2	3.44	± 0,66	Ensayo 2	2.09	± 0,69
Ensayo 3	5.13	± 0,66	Ensayo 3	3.66	± 0,69
Ensayo 4	2.71	± 0,66	Ensayo 4	5.21	± 0,69
Promedio	3.17	± 0,66	Promedio	3.77	± 0,69

Fuente: presente estudio

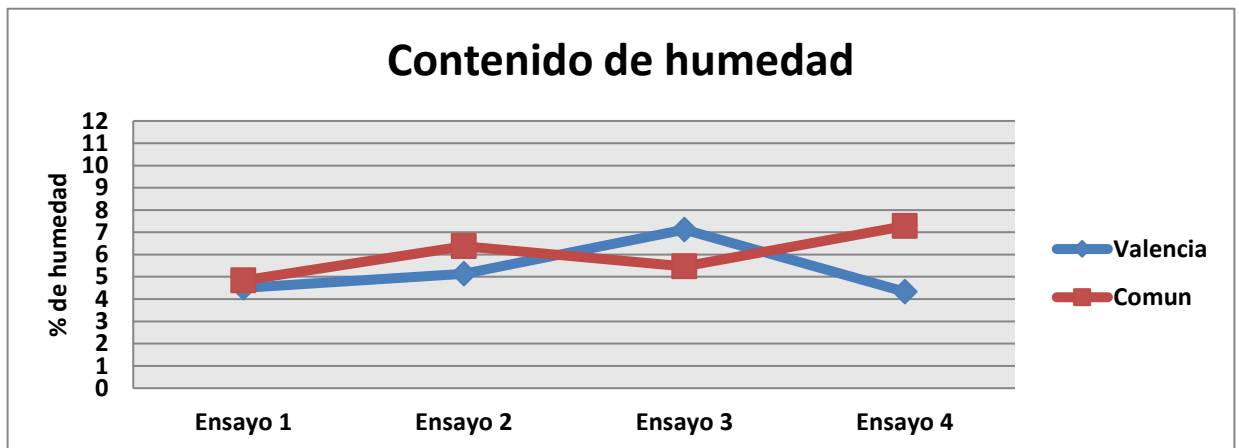


Se denomina así a la materia inorgánica que forma parte constituyente de los alimentos (sales orgánicas). Las cenizas permanecen como residuo después de la calcinación de la materia orgánica del alimento que se analiza y representa la parte mineral la cual sirve para medir las sales inorgánicas que había en la pectina (producto original).

Tabla 10. Contenido de humedad.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	4.51	± 0,20	Ensayo 1	4.84	± 0,21
Ensayo 2	5.14	± 0,20	Ensayo 2	6.37	± 0,21
Ensayo 3	7.12	± 0,20	Ensayo 3	5.46	± 0,21
Ensayo 4	4.33	± 0,20	Ensayo 4	7.28	± 0,21
Promedio	5.28	± 0,20	Promedio	5.99	± 0,21

Fuente: presente estudio.

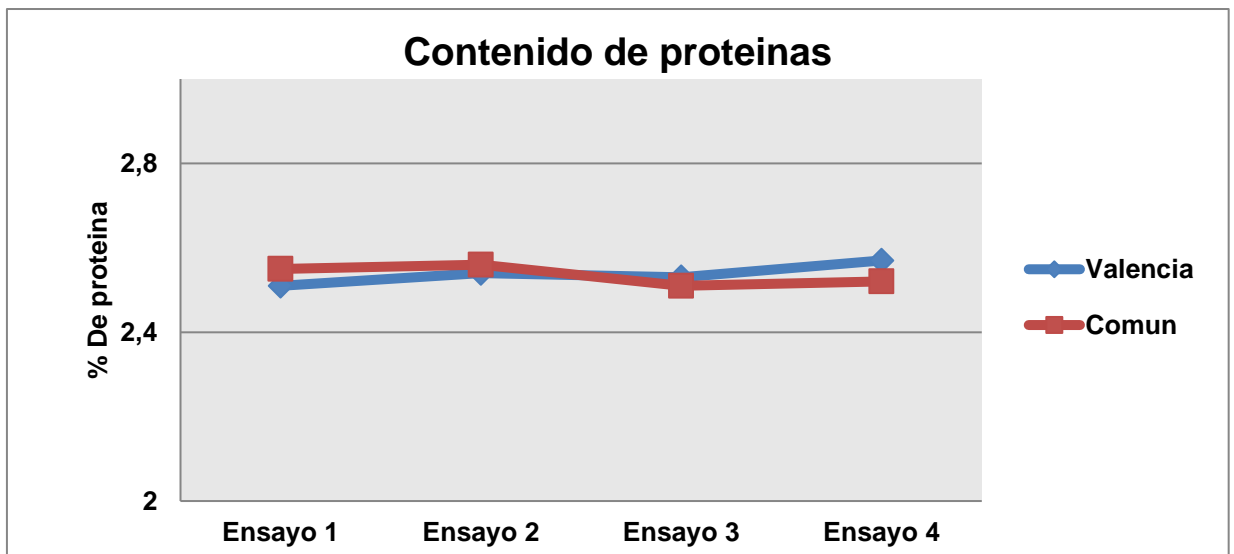


El agua se encuentra en los alimentos en tres formas: como agua de combinación, como agua adsorbida y en forma libre, aumentando el volumen. El agua de combinación está unida en alguna forma química como agua de cristalización o como hidratos. El agua adsorbida está asociada físicamente como una mono capa sobre la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre es aquella que es fundamentalmente un constituyente separado, con facilidad se pierde por evaporación o por secado. Dado que la mayor parte de los alimentos son mezclas heterogéneas de varias sustancias, pueden contener cantidades variables de agua de los tres tipos. En el caso de la pectina la encontramos como agua de combinación la cual presenta muy poca variabilidad en las dos pectinas.

Tabla 11. Contenido de proteínas.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	2.51	± 0,03	Ensayo 1	2.55	± 0,03
Ensayo 2	2.54	± 0,03	Ensayo 2	2.56	± 0,03
Ensayo 3	2.53	± 0,03	Ensayo 3	2.51	± 0,03
Ensayo 4	2.57	± 0,03	Ensayo 4	2.52	± 0,03
Promedio	2.54	± 0,03	Promedio	2.54	± 0,03

Fuente: presente estudio

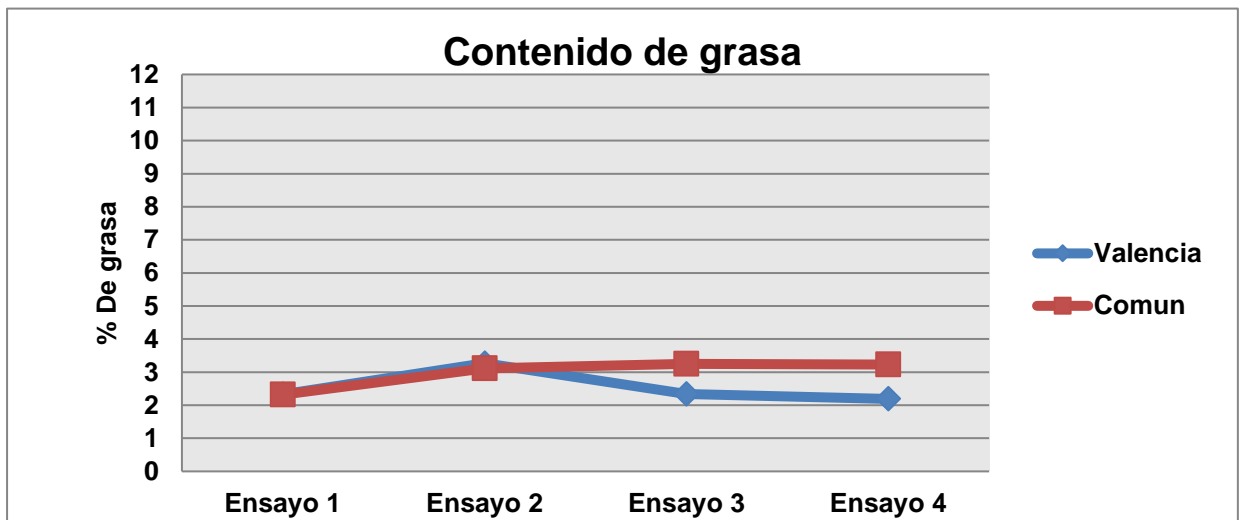


El contenido de nitrógeno de diferentes proteínas es casi el mismo, sin embargo algunos productos alimenticios, contienen proporciones considerables de nitrógeno no proteico.

Tabla 12. Contenido de grasa.

VALENCIA	%	INCERTIDUMBRE	COMUN	%	INCERTIDUMBRE
Ensayo 1	2.33	± 0,47	Ensayo 1	2.32	± 0,47
Ensayo 2	3.27	± 0,47	Ensayo 2	3.11	± 0,47
Ensayo 3	2.34	± 0,47	Ensayo 3	3.25	± 0,47
Ensayo 4	3.19	± 0,47	Ensayo 4	3.23	± 0,47
Promedio	2.78	± 0,47	Ensayo 4	2.98	± 0,47

Fuente: presente estudio



Las grasas son una mezcla de los ácidos grasos con el glicerol.

De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas, entregadas por la unidad de laboratorio de análisis industriales de la universidad del Cauca, se puede deducir que entre las pectinas obtenidas de las variedades de naranja Valencia y Común, no existen variaciones apreciables en los valores de los porcentajes de grasa, proteína, humedad, fibra y cenizas. Los resultados porcentuales de estos componentes no interfieren en el poder gelificante de la pectina, ni influyen en el tiempo de gelificación y en general en la calidad final de la pectina, por lo tanto no se tienen en cuenta en el presente estudio.

7. BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

Tabla 13. Resumen de los balances de materia.

VARIETADES	VALENCIA				COMUN			
	E 1	E 2	E 3	E 4	E 1	E 2	E 3	E 4
ENSAYOS								
ETAPAS								
Materia prima para el proceso	300	300	300	300	300	300	300	300
Inactivación de enzimas (H₂O + albedo)	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200
Hidrólisis (HCL)	1200,88	1200.94	1200,88	1201,00	1200,88	1201,00	1200.94	1200.81
Filtración 1	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Neutralización (NH₄OH) PH=4	15 ml	14 ml	13 ml	14ml	14 ml	16 ml	15 ml	13 ml
Precipitación (C₂H₅OH)	1 lts	1 lts	1 lts	1 lts	1 lts	1 lts	1 lts	1 lts
Balance de masa procesos anteriores	822,412	836.54	830,567	814.345	810.458	801,231	825.989	832.459
Filtración 2	456gr	466 gr	461 gr	449 gr	428 gr	435 gr	441 gr	468 gr
Secado y deshidratación	12,9279	13,987	13, 001	11.342	9,324	10,324	11,546	11,435
% de Rendimiento	4.31 gr	4.66	4.33	3.78	3.01	3.44	3.84	3.81

Fuente: presente estudio

Realizado el balance de materia a cada uno de los ensayos, de las variedades, Valencia y Común se determina que, existe mayor rendimiento en la variedad valencia según los datos suministrados por los ensayos realizados en el laboratorio debido a que esta variedad contiene mayor porcentaje de ácido

galacturónico y porcentaje de metoxilo, teniendo en cuenta que se utilizó una muestra estándar para las dos variedades y las variables fueron iguales para todos los ensayos.

Tabla 14. Resumen de balance de energía.

Variedades		Valencia				Común			
Ensayos		E1	E2	E3	E4	E1	E2	E3	E4
Inacti - vación de enzimas	Energía calentamiento	473,45 7 Kcal	473,45 7 Kcal	473,45 7 Kcal	473,457 Kcal	473,457 Kcal	473,457 Kcal	473,457 Kcal	473,457 Kcal
	Energía aprovechada	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal	76,078 Kcal
	Energía disipada	397,37 9 Kcal	397,37 9 Kcal	397,37 9 Kcal	397,379 Kcal	397,379 Kcal	397,379 Kcal	397,379 Kcal	397,379 Kcal
Hidró - lisis	Energía calentamiento	1104,7 3 Kcal	1104,7 3 Kcal	1104,7 3 Kcal	1104,73 Kcal	1104,73 Kcal	1104,73 Kcal	1104,73 Kcal	1104,73 Kcal
	Energía aprovechada	76,158 Kcal	76,163 Kcal	76,158 Kcal	76,169 Kcal	76,158 Kcal	76,169 Kcal	76,163 Kcal	76,152 Kcal
	Energía disipada	1028,5 7 Kcal	1028,5 67 Kcal	1028,5 72 Kcal	1028,56 1 Kcal	1028,57 Kcal	1028,56 Kcal	1028,56 Kcal	1028,578 Kcal
Secado	Energía calentamiento	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal	12395 Kcal
	Energía aprovechada	51,48 Kcal	51,88 Kcal	51,68 Kcal	51,2 Kcal	50,84 Kcal	50,36 Kcal	50,88 Kcal	51,96 Kcal
	Energía disipada	12344, 5 Kcal	12343, 1 Kcal	12343, 3 Kcal	12343,8 Kcal	12344,1 Kcal	12344,6 Kcal	12344,1 Kcal	12343,04 Kcal
%	Rendimiento proceso	1,45	1,46	1,45	1,45	1,45	1,44	1,45	1,46

Fuente: presente estudio

Realizados los cálculos para cada uno de los ensayos se determina, que no existen diferencias significativas en los datos de la energía aprovechada, la

energía disipada y el porcentaje de rendimiento del proceso, debido a que todas las variables fueron constantes en todos los ensayos de laboratorio.

8. ESTUDIO DE MERCADO DE LA PECTINA

El mercado de la pectina en Colombia está enfocado básicamente a la industria de alimentos para la producción de mermeladas, dulces, bocadillos, postres y helados; específicamente, la pectina de bajo grado de esterificación se emplea en la elaboración de mermeladas tipo untable suave, mermeladas dietéticas, yogurt, postres, salsas y helados.

Para determinar el mercado de la demanda de la pectina en el país y así calcular la producción necesaria para satisfacerlo se consultó directamente con algunas de las empresas consumidoras y distribuidoras de este producto.

La pectina es importada de países como Brasil, Alemania, México, entre otros, según datos del sistema estadístico de comercio exterior (Siex) de la DIAN. Para el primer semestre del año 2009 según datos del siex se importaron 93.743 Kg. este dato no es muy significativo debido a que abarca las importaciones relacionadas a materiales pécticos, pectinatos y pectatos.

Entre las empresas productoras a nivel mundial se encuentran: Hércules incorporated, CpKelco (Brasil), Danisco (USA), herbstreith & fox Alemania, Obipektin (Suiza) y Degussa Alemania (internacional pectin producers asociación), todas estas empresas fueron adquiridas por CpKelco, creando un gran monopolio.

Actualmente la pectina es importada en Colombia por Quimerco y Disaromas de la ciudad de Bogotá y distribuida por las empresas Bellchen, CIMPA Ltda y distribuidora Córdoba de la ciudad de Medellín.

Las empresas consumidoras compran la pectina de acuerdo a los parámetros de gelificación rápida, medio rápida o lenta, pero la mayoría de los consumidores desconocen si las pectinas son de alto o bajo grado de esterificación, jugando un papel muy importante la asesoría brindada por los distribuidores a cerca del producto que mas se acomode a sus necesidades.

El precio de la pectina de bajo grado de esterificación es de 33 - 34 US por kilogramo (febrero de 2010 fuente Quimerco) y puede alcanzar hasta los 68.000 pesos / Kg. de acuerdo a los canales de distribución. El precio se encuentra fuertemente influenciado por el grado de sólidos solubles que requiera para su gelificación, a menor cantidad de sólidos solubles requeridos mayor es el precio de la pectina.

En la tabla 15 se presenta la información sobre el consumo de pectina en algunas empresas del país, la cual fue recolectada y suministrada por la empresa distribuidora de alimentos CIMPA Ltda. De la ciudad de Bogotá.

Tabla 15. Consumo de pectina de algunas empresas consumidoras en Colombia (Enero 2009).

Empresa	Kg./ Mes promedio	Tipo de Pectina
Panamericana de Alimentos (Resping)	150	HM medio rápida
Panamericana de Alimentos (Resping)	60-70	Medio Rápida 351
Prodan	10-15	Pectina Lenta
Mimo's	25	M1 Polvo
Compañía Productora de salsas	25	Cítrica Rápida
Bocadillos el Caribe	10	Rápida
Bocadillos Don Julio y Don José	5	Cítrica Rápida
Alpina	500	Pectina de bajo metoxilo
Sicolsa	60	Pectina de bajo metoxilo
Incolacteos (Conservas California)	400	Pectina de bajo metoxilo
SENA (regional Cauca)	6	Pectina Lenta
SENA (regional Valle)	15	Pectina Lenta

Fuente: CIMPA Ltda.

De acuerdo a los datos suministrados por las distribuidoras Quimpo Ltda. y Lacto centro, el promedio de consumo de pectina de bajo grado de metoxilación, con un contenido de sólidos entre 55 - 65 °Brix en la ciudad de Popayán es de aproximadamente 30 kilos al mes.

Adicionalmente se obtiene información sobre la cantidad de cáscaras de naranja

que arrojan algunas empresas del sector, con el fin de conocer la disponibilidad de materia prima para el proceso de obtención de pectina. La información se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 16. Cantidad de cáscaras de naranjas generadas como desechos.

EMPRESA	KILOS PROM/SEMANA
Fruit´s World (Bogotá)	500
Alimentos Alan Ltda.(Medellín)	250
Frutasa Pull Press (Manizales)	132
Inducolsa Ltda. (Cauca)	100
Fruver (Cali)	70

Fuente: Inducolsa Ltda.

9. COSTOS DE PRODUCCION

La producción de pectina cítrica puede representar una alternativa de industrialización para satisfacer una demanda nacional, la cual cada día exige mayor calidad, con el firme objetivo de contribuir con la producción de alimentos a las empresas que utilizan el producto como materia prima.

Tabla. 17. Costos de producción de pectina cítrica. Base de calculo un (1) Kg.

COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN	
Insumos	\$ 22500
Mano de obra (operario)	\$ 17100
Subtotal:	\$ 39600
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	
Celaduría	\$ 500
Transporte	\$ 4000
Arrendamiento	\$ 15500
Energía	\$ 25980
Agua potable	\$ 1493
Supervisión	\$ 4000
Subtotal:	\$ 51473
TOTAL:	\$ 91.073

Fuente: Presente estudio.

El costo de producción de un kilogramo de pectina cítrica es de \$ 91.073 y la participación en el mercado local y nacional sería de una capacidad de producción de 2 (dos) Kg por día par un total mensual de 60 kilogramos. Obteniendo la pectina a nivel de planta piloto sin la utilización de tecnología.

Aunque no es uno de los objetivos del presente proyecto, según el presente estudio se puede afirmar, que en Colombia la viabilidad de invertir recursos económicos en maquinaria tecnificada para la producción de pectina cítrica, no es buena, ya que en nuestro país no existe una demanda que justifique la inversión económica, a menos que se busque otros mercados en países de sur América, que se encarguen de comprar la pectina que se produzca en nuestro país.

10. EQUIPOS PARA LA PRODUCCION DE PECTINA INDUSTRIAL

A continuación se presenta la maquinaria que se utilizaría si se procesara pectina a nivel industrial.

10.1 Banda Transportadora: Es un conductor de superficie plana de cuatro (4) metros de largo, que traslada el albedo desde el mesón de cortado hasta el tanque abierto enchaquetado.

10.2 Tanque abierto enchaquetado: Es un tanque en acero inoxidable con una capacidad de 500 litros, con sistema de calentamiento a vapor, y con agitador incorporado.

10.3 Bomba de desplazamiento positivo: Es la encargada de pasar el líquido decantado a través de un filtro prensa pequeño. Posee un motor de 220 voltios y una potencia de 6 Hp trifásico.

10.4 Filtro prensa de tela: Está compuesto por 4 (cuatro) placas recubiertas de tela, su objetivo es retirar los sólidos que puedan impurificar la solución de la pectina.

10.5 Tanque cerrado enchaquetado: Tanque en acero inoxidable con una capacidad de 500 litros, con sistema de calentamiento a vapor, su objetivo es concentrar la solución en un 50 – 60 % por medio de un sistema a vacío.

10.6 Bomba neumática: En material de polipropileno, en la etapa de lavado su función consiste en hacer pasar de nuevo la mezcla acuosa de pectina por el filtro prensa. Posee un motor de 220 voltios y una potencia de 6 Hp trifásico.

10.7 Secador de bandejas: Consta de una cámara de secado recubierta de material aislante en donde se coloca el producto por lotes en bandejas, su funcionamiento es a gas por transferencia de calor directa, controlado por un termostato que regula la temperatura.

10.8 Molino de bolas: Construido en material de acero inoxidable con bolas de porcelana de una pulgada de diámetro, su objetivo es mejorar la apariencia de la pectina hasta obtener un tamaño de partículas que pasen por un tamiz de malla número 80.

11. CONCLUSIONES

- De acuerdo a las pruebas realizadas por el laboratorio de Análisis Industriales de la Universidad del Cauca, se concluye que la pectina obtenida de la cáscara de variedad Valencia posee mayor grado de gelificación, ácido galacturónico y porcentaje de metoxilo, comparado con los resultados obtenidos en la variedad de naranja común.
- Mediante las investigaciones realizadas en el desarrollo de este proyecto se puede demostrar, que la extracción de pectina en Colombia a nivel industrial no es rentable, ya que para su obtención a gran escala se hace necesario el uso de maquinaria y equipo de alta tecnología y la demanda de pectina en nuestro país no es considerable.
- Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 ensayos con cáscaras de naranja valencia y 4 ensayos con cáscaras de naranja variedad común), se puede concluir que la pectina obtenida de la variedad valencia, tiene mayor porcentaje de ácido galacturónico encontrándose entre 50 y 60 por ciento, con un promedio de 56 %.
- Según las fuentes bibliográficas consultadas, la pectina de la variedad de naranja Valencia obtenida en el laboratorio, se clasifica como de **alto índice de**

metoxilo, debido a que contiene más de un 50 % de unidades de ácido poligaracturónico.

- Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 de cáscaras de naranja Común y 4 de la Valencia), se puede concluir que la pectina obtenida de la variedad Común, tiene menor porcentaje de ácido galacturónico encontrándose entre 32 y 40 por ciento, con un promedio de 36,25 %.

- Según las fuentes bibliográficas consultadas, la pectina de la variedad de naranja Común obtenida en el laboratorio, se clasifica como de **bajo índice de metoxilo**, debido a que contiene menos de un 50 % de unidades de ácido poligaracturónico.

- En Colombia la pectina que se usa en la industria alimentaria y farmacéutica es importada de otros países, ya que actualmente en nuestro país no existe ninguna empresa que extraiga pectina a nivel comercial.

- En el departamento del Cauca la demanda de pectina es muy baja comparada con los departamentos de Valle y Antioquia, esto se debe a la falta de grandes industrias de los sectores alimentario y farmacéutico. En la actualidad en el Cauca existe un número reducido de pequeñas empresas del sector alimentario que utilizan en sus procesos tecnológicos la pectina cítrica, las cuales abastecen parte del mercado regional, ya que son poco tecnificadas y su volumen de producción es a menor escala.

- Con base en entrevistas personalizadas con los proveedores de pectina en la ciudad de Popayán, se puede afirmar que en el departamento del Cauca existe un alto grado de desconocimiento acerca de las propiedades, usos y aplicaciones industriales de la pectina cítrica. El alto costo de la pectina y su desconocimiento en sus aplicaciones, influye en que la demanda de la pectina en el Cauca sea baja.

- En la legislación colombiana no existe ninguna Norma técnica (NTC) que pueda ser utilizada como referencia para la extracción de pectina cítrica, esto dificulta obtener información de los parámetros de calidad. Por tal razón la calidad de la pectina obtenida en los ensayos de laboratorio se determinó, con base en información bibliográfica y parámetros de calidad de empresas productoras de pectina ubicadas en Brasil.

- De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas, entregadas por la unidad de laboratorio de análisis industriales de la universidad del Cauca, se puede deducir que entre las pectinas obtenidas de las variedades de naranja Valencia y Común, no existen variaciones significativas en los valores de los porcentajes de grasa, proteína, humedad, fibra y cenizas.

- Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 de cáscaras de naranja Valencia y 4 de la Común), se puede concluir que la pectina obtenida de la

variedad valencia tiene un mayor grado de metoxilación encontrándose entre 9,69 y 11,97 %, con un promedio de 10,87 % de metoxilación.

- Según las fuentes bibliográficas consultadas, la pectina de la variedad de naranja Valencia obtenida en el laboratorio, se clasifica como de **Alto índice de metoxilo**, debido a que el valor de metoxilación es mayor de 7 %.

- Al comparar los 8 (ocho) ensayos de laboratorio (4 de cáscaras de naranja Valencia y 4 de la Común), se puede concluir que la pectina obtenida de la variedad Común tiene un menor grado de metoxilación encontrándose entre 5,5 y 7,95 %, con un promedio de 6,53 %.

- Según la bibliografía la pectina de la variedad de naranja Común obtenida en el laboratorio, se clasifica como de Bajo índice de metoxilo, debido a que el valor de metoxilación es menor de 7 %.

- Teniendo como base la información bibliográfica, se puede concluir que la pectina obtenida de las cáscaras de naranja de la variedad valencia es de gelificación lenta, ya que presenta un porcentaje de esterificación comprendido entre los rangos de 60 y 67 %. Esta propiedad la hace apta para preparación de mermeladas y geles en general.

12. RECOMENDACIONES

- Si en un futuro en nuestro país se pretende realizar procesos de extracción de pectina cítrica a nivel industrial, se debe tener en cuenta adquirir maquinaria y equipo tecnificado, esto con el objetivo de obtener altos rendimientos y bajos costos de producción, que permitan competir en el mercado con precios y calidad.
- Las entidades encargadas de capacitar a la pequeña y mediana industria del sector alimentario, deben incluir en sus planes de capacitación temas relacionados con los beneficios y aplicaciones del uso de la pectina, ya que en la actualidad muchas micro – empresas desconocen sus aplicaciones tecnológicas.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio, se recomienda utilizar naranjas de variedad valencia para la obtención de pectinas cítricas, debido a que los resultados experimentales demuestran que entre las variedades de naranja valencia y común, se obtiene un mayor rendimiento en la extracción de pectina en la variedad valencia.

13. BIBLIOGRAFÍA

- CORTES, Manuel. Proyecto de Investigación y Desarrollo Tecnológico, UNAD, Bogotá, D.C. 2001.
- El cultivo de los cítricos. 2000. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Fruticultura, Boletín Técnico No. 6. 2004.
- MORIN, Charles. Fruticultura Tropical. Lima, Perú, 1999.
- RENGIFO, Germán. Aceite esencial de naranja. Vol. 5 No. 18. 2003.
- LIZARAZO, Germán. Pulpas de frutas. 2001, Bogotá, editorial ILADIBA.
- GAVIRIA, Luís Enrique. Análisis de alimentos. Edición 2da., Bogotá, UNAD. 1999.
- S. D. Holdsworth. Conservas de Frutas y hortalizas, Zaragoza, editorial Acribia, 1999.
- W.C. Frazer. Microbiología de los alimentos, Zaragoza, editorial Acriba.2000.

- Méndez Martínez, Raúl. Aprovechamiento de subproductos agropecuarios, UNISUR Santafé de Bogotá, D.C. 1993.
- GALLEGO, Alfonso. Revista agropecuaria SENA. Cauca. Vol. 26, no. 6. 2010.
- LEÓN VALLEJO, Gloria Marcela, Manejo Post – cosecha de la naranja, Cali 2009.
- DÍAZ MONTES, María Fernanda, Química Analítica, Buenos Aires Argentina 1999.
- FENNEMA. Owen, Química de los Alimentos. Segunda Edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. Pág. 141-143
- REGINALD H. Walter, The chemistry and Technology of Pectin. (Food Science and technology). Steve Taylor Editor, USA, 1999.
- AOOAC, (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS, 1990).
- PHARMACOPEIA NATIONAL FORMULARY, United States Pharmacology, Edición 30 de Mayo, 2007 Pág. 2869.
- FARMACOPEA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, Soberon Quinta edición, Mexico 1998. Pág. 812-813.
- DEVIA PINEDA, Jorge. Proceso para producir pectina pectinas cítricas,

Universidad Eafit, Enero-Marzo numero 19, Medellín Colombia 2003.
Pág. 21-30.

- ANZALDUA-MORALES, Antonio, La Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica, Editorial Acribia S.A, Zaragoza, España, 1994.

ANEXOS

**Anexo 1. FOTOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO REALIZADOS
PARA LA EXTRACCION DE PECTINA**

A. Retiro del flavedo o cáscara.



B. Pesaje del flavedo o cáscara.



C. Pesaje de La fruta después de retirado el flavedo y alvedo, para elaboración del balance de materia.



D. Reactivos usados: NH_4OH (hidróxido de amônio al 32 %), HCl (ácido clorhídrico al 37 %), alcohol industrial.



E. Equipo y material usado: Centrífuga electrónica y cajas de petri.



F. Horno eléctrico para el secado de la pectina.



G. Peachímetro digital.



H. Pesado del albedo.



I. Inactivación de enzimas por tratamiento térmico.



J. Control de temperatura durante el proceso de inactivación de enzimas.



K. Control del pH proceso 1.



L. Control del pH proceso 2.



M. Control del pH proceso 3.



N. Primera filtración del albedoo.



Ñ. Pesaje del alvedo después de filtrado para elaboración de balance de materia.



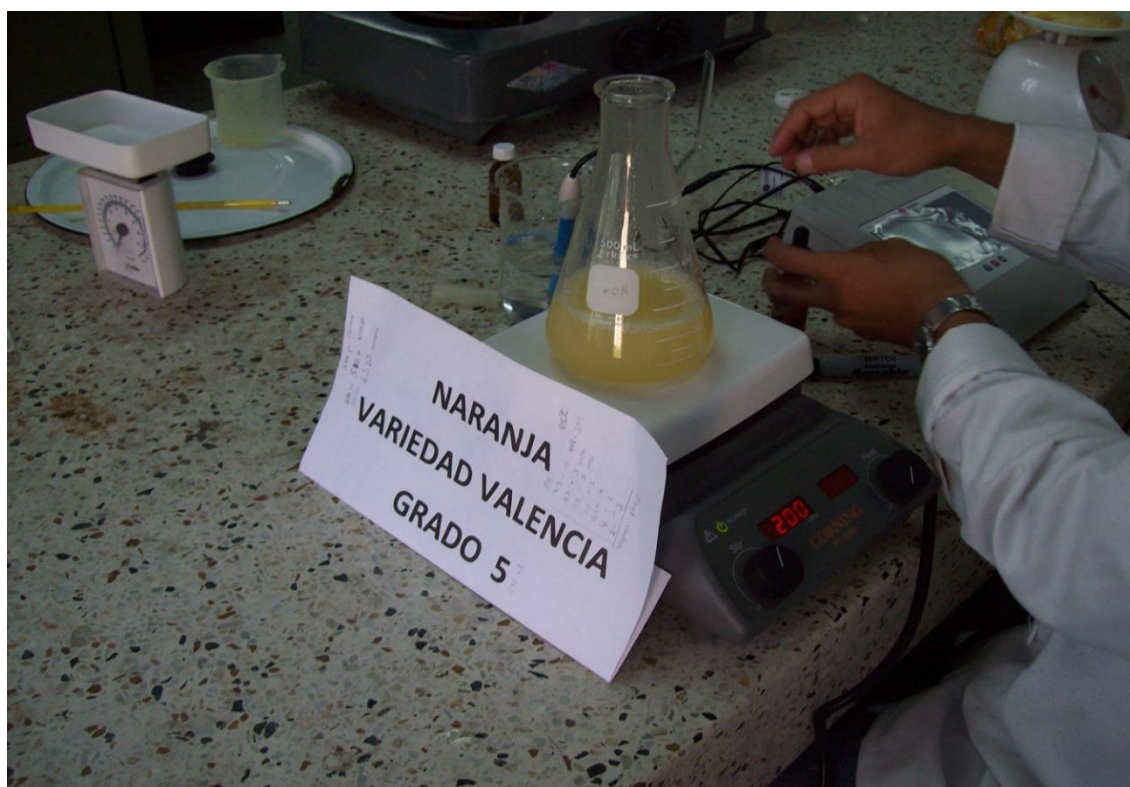
O. Medida del volúmen de residuo líquido después del filtrado.



P. Centrifugación para posterior precipitación.



Q. Centrifugación y control de pH.





Q. Material precipitado.



R. Pectina después de segunda filtración y lavado.



S. Pectina para posterior secado.



Anexo N° 2. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2010

Mes / Actividad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Documentación bibliográfica	X	X	X									
Consolidación de información				X	X							
Elaboración de anteproyecto proyecto.						X						
Ajuste del anteproyecto				X			X					
Recolección de la muestra							X					
Realización de ensayos de laboratorio				X				X				
Entrega análisis de muestras de laboratorio				X								
Elaboración del proyecto					X	X	X	X				
Ajuste del proyecto									X	X		
Entrega del documento final.									X			

Anexo N° 3. FICHAS TECNICAS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA PLANTA PILOTO

1. ESTUFA

Marca: Haceb
Dimensiones: 30 cm ancho X 60 cm largo X 12 cm altura
Peso: 3 Kg.
Voltaje: 120 v
Frecuencia: 60Hz
Potencia: 2200 w
Material: Hierro galvanizado

2. HORNO DE SECADO.

Marca: Boekel
Dimensiones: 60 cm ancho X 50 cm largo X 72 cm altura
Peso: 54 Kg.
Voltaje: 120v
Frecuencia: 60Hz
Potencia: 1200w
Material: Hierro galvanizado

3. PEACHIMETRO.

Marca: Thomas Scientific
Tipo: Sonda
Modelo: T5675 PH/Isemeter

4. BALANZA.

Marca: Scientech digital (DHAUS)
Modelo: 56
Capacidad máxima: 8000g
Capacidad mínima: 0.1g

5. CENTRIFUGA.

Marca: Corning
Escala: °C y °F

6. TERMOMETRO.

Marca: KOCH
Tipo: Aguja digital
Escala: °C y °F

Anexo N°4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Tabla No.1. Desviación Media Valencia/Común.

$$DM = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{n}$$

	$ x - \bar{x} $	$ x' - \bar{x}' $
	6	3,75
	3	1,75
	1	4,25
	4	1,25
Total	3,50	2,75

Tabla No.2. Desviación media Valencia Común.

	$ x - \bar{x} $	$ x' - \bar{x}' $
	0,01	0
	0,01	0,05
	0,03	0,05
	0,04	0,01
D.M	0,02	0,03

Tabla No.3. Desviación media Valencia Común.

	$ x - \bar{x} $	$ x' - \bar{x}' $
	0,23	0.25
	1,18	1.03
	0,30	0.65
	1,10	1.42
Total	0,70	0.9

Tabla No.4. Desviación media Valencia Común

	$ X - \bar{X} $	$ X' - \bar{X}' $
	3.75	6
	0.75	5
	3.25	2
	1.25	1
Total	2.25	3.50

Tabla No.5. Desviación media Valencia Común.

	$ X - \bar{X} $	$ X' - \bar{X}' $
	1.78	0.35
	0.27	1.68
	1.96	0.11
	0.46	1.44
Total	1.12	0.90

Tabla No.6. Desviación media Valencia Común.

	$ X - \bar{X} $	$ X' - \bar{X}' $
	0.77	1.15
	0.14	0.38
	1.84	0.53
	0.95	1.29
Total	0.93	0.84

Tabla No.7. Desviación media Valencia Común.

	$ X - \bar{X} $	$ X' - \bar{X}' $
	0.03	0.01
	0	0.02
	0.01	0.03
	0.03	0.02
Total	0.02	0.02

Tabla No.8. Desviación media Valencia Común.

	$ X - \bar{X} $	$ X' - \bar{X}' $
	0.45	0.66
	0.49	0.13
	0.44	0.27
	0.41	0.25
Total	0.45	0.33

Tabla No.9. Desviación Típica (DT).

	V	C
	36	14.06
	9	3.06
	1	18.06
	16	1.56
S	3.94	3.95

Tabla No. 10. Desviación Típica (DT).

	V	C
	0.0001	0.0025
	0.0009	0.0025
	0.0016	0.0001
	0.0027	0.0009
S	0.026	0.039

Tabla No. 11. Desviación Típica (DT).

	V	C
	0.0529	0.0625
	1.3924	1.0609
	0.09	0.4225
	1.21	2.0164
S	0.83	0.94

Tabla No. 12. Desviación Típica (DT).

	V	C
	14.0625	36
	0.5625	25
	10.5625	4
	1.5625	1
S	2.58	4.06

Tabla No. 13. Desviación Típica (DT).

	V	C
	3.1684	0.1225
	0.0729	2.8224
	3.8416	0.0121
	0.2116	2.0736
S	1.35	1.2

Tabla No. 14. Desviación Típica (DT).

	V	C
	0.5929	1.3225
	0.0196	0.1444
	3.3856	0.2809
	0.9025	1.6641
S	1.11	0.92

Tabla No. 15 Desviación Típica (DT).

	V	C
	0.0009	0.0001
	0	0.0004
	0.0001	0.0009
	0.0009	0.0004
S	0.022	0.021

Tabla No. 16. Desviación Típica (DT).

	V	C
	0.2025	0.4356
	0.2401	0.0169
	0.1936	0.0729
	0.1681	0.0625
S	0.45	0.38

Tabla No. 17. Varianza (S²)

	V	C
S ²	15.52	9.92

Tabla No. 18. Varianza (S²)

	V	C
S ²	6.76 x 10 ⁻⁴	1.521 x 10 ⁻³
	0.000676	0.001521

Tabla No. 19 Varianza (S²)

	V	C
S ²	0.687	0.884

Tabla No. 20. Varianza (S²)

	V	C
S ²	6.6564	16.4836

Tabla No. 21. Varianza (S²)

	V	C
S ²	1.8225	1.44

Tabla No. 22 Varianza (S²)

	V	C
S ²	1.2321	0.8464

Tabla No. 23. Varianza (S²)

	V	C
S ²	4.84 x 10 ⁻⁴	4.41 x 10 ⁻⁴
	0.000484	0.000441

Tabla No. 24. Varianza (S²)

	V	C
S ²	0.2025	0.1444

$$1. \text{ Media (X)} \begin{cases} 56 \text{ Valencia} \\ 36.25 \text{ Común} \end{cases}$$

Moda: No hay moda.

Mediana: $\frac{59+55}{2} = 57$ valencia

2

$$\frac{38+32}{2} = 35 \text{ Común}$$

$$2. \text{ Media } \begin{cases} 10.80 \text{ Valencia} \\ 10.83 \text{ Común} \end{cases}$$

Moda: No hay

Mediana: $\frac{10.31 + 10.77}{2} = 10.79$

Valencia

$$\frac{10.88 + 10.78}{2} = 10.83$$

$$3. \text{ Media } \begin{cases} 10.87 \text{ valencia} \\ 6.53 \text{ Común} \end{cases}$$

Moda: No hay

Mediana $\left\{ \begin{array}{l} 10.43 \text{ Valencia} \\ 5.69 \text{ Común} \end{array} \right.$

4. Media $\left\{ \begin{array}{l} 76.75 \text{ Valencia} \\ 58.00 \text{ Común} \end{array} \right.$

Moda: No hay

Mediana: $\left\{ \begin{array}{l} 78 \text{ Valencia} \\ 61.5 \text{ Común} \end{array} \right.$

5. Media $\left\{ \begin{array}{l} 3.17 \text{ Valencia} \\ 3.77 \text{ Común} \end{array} \right.$

Moda: No hay

Mediana $\left\{ \begin{array}{l} 4.29 \text{ Valencia} \\ 2.88 \text{ Común} \end{array} \right.$

6. Media $\left\{ \begin{array}{l} 5.28 \text{ Valencia} \\ 5.99 \text{ Común} \end{array} \right.$

Moda: No hay.

Mediana: $\left\{ \begin{array}{l} 6.13 \text{ Valencia} \\ 5.92 \text{ Común} \end{array} \right.$

7. Media $\left\{ \begin{array}{l} 2.54 \text{ Valencia} \\ 2.54 \text{ Común} \end{array} \right.$

Moda: No hay

Mediana $\left\{ \begin{array}{l} 2.54 \text{ Valencia} \\ 2.54 \text{ Común} \end{array} \right.$

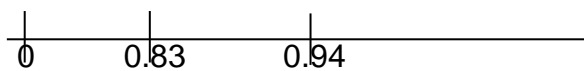
8. Media: $\left\{ \begin{array}{l} 2.78 \text{ Valencia} \\ 2.98 \text{ Común} \end{array} \right.$

Moda: No hay

Mediana: $\left\{ \begin{array}{l} 2.81 \text{ Valencia} \\ 3.18 \text{ Común} \end{array} \right.$

Dispersión absoluta (DA)

1. DA (Valencia) = 3.94
2. DA (Valencia) = 0.026
3. DA (Valencia) = 0.83



4. DA (Común) = 4.06
5. DA (Valencia) = 1.35
6. DA (Valencia) = 1.11
7. DA (Común) = 0.021
8. DA (Común) = 0.38