



UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

EXTENSIÓN CHONE

CARRERA: INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TRABAJO DE TITULACIÓN, MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACION.

TITULO:

**“EFECTO DE LA GELIFICACION DE LA PECTINA OBTENIDA DE LA
TORONJA”**

AUTOR:

DELCITO ANTONIO ROJAS ZAMBRANO

TUTORA:

ING. LUVY LOOR SALTOS

CHONE - MANABÍ – ECUADOR

2016

Ing. Luvy Loor Saltos, Docente de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Extensión Chone, en calidad de Directora del Trabajo de Titulación,

CERTIFICO:

Que el presente TRABAJO DE TITULACIÓN titulado: **“EFECTO DE LA GELIFICACION DE LA PECTINA OBTENIDA DE LA TORONJA”**, ha sido exhaustivamente revisado en varias sesiones de trabajo, se encuentra listo para su presentación y apto para su defensa.

Las opiniones y conceptos vertidos en este trabajo de titulación son fruto del trabajo, perseverancia y originalidad de su autor: **DEL CITO ANTONIO ROJAS ZAMBRANO**, siendo de su exclusiva responsabilidad.

Chone, septiembre de 2016

Ing. Luvy Loor Saltos
TUTORA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La responsabilidad de las opiniones, investigaciones, resultados, conclusiones y recomendaciones presentados en este Trabajo de Titulación, es exclusividad de su autor.

Chone, septiembre de 2016

DELCITO ANTONIO ROJAS ZAMBRANO
AUTOR



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN CHONE

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS
INGENIERO EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el informe de investigación, sobre el tema: **“EFECTO DE LA GELIFICACION DE LA PECTINA OBTENIDA DE LA TORONJA”**, elaborado por el egresado Delcito Antonio Rojas Zambrano de la Carrera de Ingeniería en Alimentos.

Chone, septiembre de 2016

.....
Ing. Odilón Schnabel Delgado
DECANO

.....
Ing. Luvy Loor Saltos
DIRECTORA DE TESIS

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
SECRETARIA

DEDICATORIA

Es muy satisfactorio haber finalizado este proyecto, a pesar de las dificultades y de los obstáculos que se presentaron, siempre avanzando con empeño y dedicación porque cuando uno se propone algo hasta lo más difícil lo consigue.

Lo dedico a Dios, por enseñarme a sobrellevar los momentos más difíciles de la vida, dándome salud y trabajo. A mi madre por darme la vida e inculcarme siempre cosas buenas, apoyándome en todas las decisiones que puedo tomar durante mi vida. A mi esposa, mis hermanas y en especial a mi hijo, por estar siempre a mi lado alentándome para seguir adelante en mis estudios, y en todas las cosas que realizo a diario.

Delcito rojas

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser quien guía nuestras vidas iluminando nuestros corazones para ser excelentes humanos y seguir por el buen camino.

A nuestras familias, especialmente a nuestros padres que han sido y serán por siempre quienes nos apoyan en el sendero de la vida, a mi distinguida tutora Ing. Luvy Loor que nos ha enseñado que todo se gana con esfuerzo y dedicación.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí por haberme permitido acceder a una formación de profesionales con nivel científico y humanístico.

Delcito Rojas

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo obtener el gelificante natural a partir de la cáscara de toronja, mismo que comercialmente se encuentra en polvo o de manera líquida, con la finalidad de aprovechar las cáscaras de este importante cítrico que normalmente se suelen tirar a la basura. Motivo por el cual se considera la ejecución de este proyecto debido a que la materia prima (toronja) que se necesita para la gelificación de pectina, se las pueden encontrar en nuestro cantón y provincia. La presente investigación está enmarcada en la misión y visión institucional al aportar al mejoramiento de las condiciones de vida, con práctica investigativas, utilizando materia prima del medio; además se consideró la disponibilidad de equipos y la facilidad para lo obtención de reactivos a nivel local. Durante el desarrollo de la investigación se ha evidenciado que la falta del aprovechamiento de la materia prima, es la principal causa de que el manejo integral de las frutas no se lo realice afectando así de manera considerable al medio ambiente y desperdiciando recursos de partes consideradas no comestibles que actualmente permiten obtener beneficios en las industrias alimenticias en especial la de cítricos. El proceso de extracción de pectina del albedo de la toronja se realizó en las instalaciones de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión Chone.

Palabras claves: *Citrus maxima* “toronja”, pectina, gelificación

SUMMARY

This research aims to natural gelling agent obtained from the peel of citrus grapefruit particular, commercially you can be found either in powder or liquid manner. Now it has been noticed that the integral use of food in the world is not reached considerably, without knowing that some foods consist of higher concentration of nutrients in just the part that is usually thrown away, as shells and others. Why it is considered the implementation of this project because the raw material (grapefruit) needed for gelation of pectin, is the be found in our Canton and province. This project is framed in the institutional mission and vision to contribute to the improvement of living conditions, with investigatory practice, using raw material of our environment around us and considered the availability of equipment and facility for the production of reagents local level and contributing to the training of professionals who can actively participate in the socioeconomic development of Manabí and the country. During the development of this project it has been noted that the lack of use of the raw material, is the main cause of the integrated management of fruits not you do thus affecting significantly the environment and wasting resources parts considered not edible currently allows us to benefit in the food industry especially citrus. The process of extracting pectin from albedo *Citrus maxima* (grapefruit) is evident, and seek to solve agrifood problems related to products of the citrus crop that are not exploited, particularly grapefruit peel plant Processing Food Engineering in the Eloy Alfaro Lay University of Manabí Chone Extension where pilot tests were conducted.

Keywords: *Citrus maxim* "grapefruit". Pectin gelation

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	ii
Declaración de Autoría	iii
TRIBUNAL	iv
DEDICATORA	V
AGREDECIMIENTO	vi
RESUMEN	Viii
SUMMARY	ix
ÍNDICE	x
Introducción	1
Capítulo I	4
1.MARCO TEÓRICO	4
1.1. Pectina obtenida de la toronja.....	4
1.1.1.Toronja.....	4
1.1.1.1.Definición.....	4
1.1.1.2.Propiedades nutricionales.....	5
1.1.1.3.Usos.....	6
1.1.2.Pectina.....	6
1.1.2.1.Tipos de pectinas por la formacion de geles.....	7
1.1.2.2.Composicion nutricional de la pectina.....	8
1.1.2.3.Propiedades quimicas y fisicas de la pectina.....	9
1.1.2.4. Usos y aplicaciones de la pectina.....	14
1.1.2.5. Proceso para la elaboracion de pectina.....	18
1.1.2.5.1. Proceso utilizado para la odtencion de la pectina de toronja.....	19
1.2.Efecto de gelificacion.....	20
CAPITULO II	21
2.Estudio de campo	21
2.1.Métodos y técnicas	21
2.1.1. Observación científica.....	21
2.1.2. Diseño Experimental.....	22
2.1.3. Tiempo de gelificacion.....	23
2.1.4Consistencia.....	24

<u>2.2.Resultados</u>	<u>24</u>
<u>2.2.1.Proceso de elaboracion de pectina</u>	<u>24</u>
<u>2.2.2.Resultados Tiempo de gelificacion</u>	<u>25</u>
<u>2.2.3.Resultado Consistencia</u>	<u>26</u>
<u>CAPÍTULO III</u>	<u>27</u>
<u>3.PROPUUESTA</u>	<u>27</u>
<u>3.1.TEMA: Elaboración de pectina a partir de la cáscara de toronja</u>	<u>27</u>
<u>3.2.Materiales y Equipos</u>	<u>27</u>
<u>3.3.Proceso de elaboración</u>	<u>28</u>
<u>CAPITULO IV</u>	<u>29</u>
<u>4.Evaluación de resultados</u>	<u>29</u>
<u>4.1.Resultados Tiempo de gelificacion</u>	<u>29</u>
<u>4.2.Resultados</u>	<u>30</u>
<u>CONCLUSIONES</u>	<u>32</u>
<u>RECOMENDACIONES</u>	<u>33</u>
<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	<u>34</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>36</u>

INTRODUCCIÓN

Esta investigación trata de dar respuesta a problemas agroalimentarios relacionados con los subproductos de la cosecha de frutas cítricas ya que no son aprovechados adecuadamente en particular el albedo de la cáscara de toronja no es industrializado en esta zona. La pectina es reconocida por la FAO como un aditivo seguro el cual no tiene restricciones de uso, es un hidrocoloide principal en el procesamiento de los alimentos ya que crea y transforma la textura de compotas, jaleas y mermelada Según Braverman (1952), el albedo fresco contiene un 75-80 % de agua, mientras que sus principales componentes, calculados en relación con la materia seca, están distribuidos aproximadamente de la siguiente manera: 44 % de azúcares en frutos maduros, 33 % de celulosa, y 20 % sustancias pécticas.

El término sustancias pécticas designa a hidratos de carbono coloidales y complejos que comúnmente se encuentran en todos los tejidos de las plantas y en especial en los frutos. Éstos están compuestos en su mayor parte por ácidos poligalacturónicos de diferentes grados de esterificación y neutralización, y muestran grandes variaciones en cuanto a su solubilidad en agua Desde el punto de vista comercial, la pectina es el componente más importante del albedo, y de él se obtiene ahora en grandes cantidades en forma de polvo, para usarla como ingrediente de utilidad en la fabricación de mermeladas, jaleas, compotas y muchos otros productos alimenticios, farmacológicos, cosmetológicos, etc.

Los cítricos como la toronja son muy consumidos en nuestro medio, es uno de los sectores donde se cultiva estas frutas y se las comercializa a empresas dedicadas a la elaboración de diversos productos (néctares, bebidas, concentrados, mermeladas) y en las cuales no se aprovecha su albedo. El albedo sólo se destina a la alimentación de ganado y como abono en algunas plantaciones por ende este subproducto se convierte en una materia prima para algunas fábricas convirtiéndose en un producto subutilizado.

En nuestro medio la agroindustria no se ha desarrollado totalmente de allí la no utilización de subproductos agropecuarios como ejemplo el albedo de los cítricos para la obtención de pectina y de esta manera evitar la subutilización de esta materia prima rica como gelificante natural muy útil en los procesos de producción como jaleas, mermeladas, compotas, entre otras. En la obtención de pectina del albedo de cítricos es importante observar que de acuerdo a la variedad y especie el rendimiento será distinto, por otro lado, el tipo de extracción debe considerarse para optimizar el proceso de obtención de pectina de albedo de los cítricos sin afectar sus características físicoquímicas. Además, el estado de madurez de la fruta podría incidir en el contenido y la calidad de la pectina.

Conjuntamente a través de su utilización en la elaboración de mermelada se podrá identificar su grado de gelificación. Se hace necesario el análisis para determinar los porcentajes de pectina que posee el albedo de toronja para de esta manera identificar el tiempo de gelificación. Los cítricos y los métodos de extracción son una limitante en el aprovechamiento del albedo para la

extracción de pectina a su vez el albedo o cascara no se industrializa, convirtiéndose en un subproducto que en algunos casos sirve como pienso, en otros como abono, o simplemente se lo almacena al ambiente a la espera de la descomposición, esto podría generar contaminación. En el desarrollo de esta investigación, se respondió a un orden lógico iniciando con la Introducción, el tema, el problema, la delimitación, teniendo como objetivo determinar el poder de gelificación de la pectina obtenida de la toronja de Ingeniería en Alimentos de la ULEAM- Extensión Chone.

En el marco teórico se estableció las variables establecidas en base a las bibliografías obtenidas y se desarrollaron los temas y subtemas en concordancia con las variables de este proyecto de investigación. Se elaboró la hipótesis y las variables de estudio, detallando cada método de esta investigación. Las conclusiones y recomendaciones, demostraran a esta investigación, el buscar alternativas de pectina a utilizar como mejor características alimentarias como consumo.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. PECTINA OBTENIDA DE LA TORONJA

1.1.1. Toronja

1.1.1.1. Definición

La toronja es una planta cítrica de unos 10 metros de altura conocida como pomelo o pampelmusa, su fruto es carnoso y con una corteza gruesa. Alberga una gran variedad de beneficios para la salud y por su alto contenido de vitamina C, tradicionalmente se ha utilizado para combatir los resfriados y la gripe, disminuyendo los síntomas de la enfermedad y acelerando el proceso de recuperación y además posee propiedades que estimulan la producción de bilis en el hígado y su expulsión por parte de la vesícula biliar. El extracto de las semillas del pomelo se puede usar como antiséptico natural ya que impide el crecimiento de hongos, bacterias y virus.¹

La toronja es un fruto redondo, de mayor tamaño que la naranja, con cáscara amarilla, pulpa dividida en 12-14 gajos, de color amarillento o rosado y con semillas blancas.²

¹ http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2075-61942015000200008&script=sci_arttext

² El árbol al servicio del agricultor

1.1.1.2. Propiedades Nutricionales

Entre las propiedades nutricionales de la toronja se encuentra la estructura molecular que encierra elementos terapéuticos indispensables para el normal funcionamiento de las diferentes estructuras del organismo humano; la toronja presenta los elementos que se muestran en la Tabla N° 1 que se incluye a continuación.³

Tabla N° 1. Contenido nutricional del pomelo

ELEMENTO	CANTIDAD
Hierro	0,17 mg.
Proteínas	0,63 g
Calcio	23 mg.
Fibra	1,60 g
Potasio	148 mg
Yodo	1,30 mg
Zinc	0,07 mg
Carbohidratos	7,41 g
Magnesio	9,60 mg
Vitamina A	1,80 ug
Vitamina B1	0,05 mg
Vitamina B2	0,02 mg
Vitamina B3	0,37 mg
Vitamina B5	0,27 ug
Vitamina B6	0,03 mg
Vitamina B7	0,35 ug
Vitamina B9	14 ug
Vitamina B12	0 ug
Vitamina C	36 mg
Vitamina D	0 ug
Vitamina E	0,30 mg
Vitamina K	0 ug
Fósforo	16 mg
Calorías	36,63 kcal.
Colesterol	0 mg
Grasa	0,15 g
Azúcar	7,41 g
Purinas	0 mg.

Fuente: www.revistasbolivianas.org.bo/scielo

³ Laines, S. (2008)

1.1.1.3. Usos

La toronja se utiliza principalmente para comer fresca, en ensaladas, y para la preparación de jugos. De manera artesanal es usada para la elaboración de frutas confitadas a partir de su cáscara.

1.1.2 Pectina

El nombre de pectina, es originado del término griego (coagulado, duro) y fue empleado por Braconnot en 1825 para denominar a estas sustancias, en reconocimiento a su capacidad de formar geles.

El término «pectina» también se utiliza para designar a los ácidos pectínicos solubles en agua con diversos contenidos de grupos éster metilo y diferente grado de neutralización.

Las pectinas son fibras solubles que se encuentran naturalmente en la mayoría de las plantas, en cantidades abundantes en las paredes celulares, formando canales anchos que apartan a las células.

La principal materia prima para la producción de éstas son los residuos de cáscaras de cítricos, principalmente pomelos, limones y naranjas; pese a que también se encuentra abundantemente en manzanas, arándanos y ciruelas.⁴

⁴ <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/viewFile/6179/7703>

1.1.2.1. Tipos de pectinas por la formación de geles

Las pectinas según la capacidad de formar geles se clasifican en pectinas de alto metóxilo y pectinas de bajo metóxilo. A continuación, el detalle:

a) Geles de pectina de alto metóxilo/HM

La primera condición para obtener geles de pectina de alto metóxilo es que el pH sea bajo. Las cadenas de pectinas de alto metóxilo pueden entonces unirse a través de interacciones hidrofóbicas de los grupos metóxilo o mediante puentes de hidrógeno, incluidos los de los grupos ácidos no ionizados, siempre que exista un material muy hidrófilo como él (azúcar) que retire el agua. En consecuencia, las pectinas de alto metóxilo formarán geles a pH entre 1 y 3,5, con contenidos de azúcar entre el 55% como mínimo y el 85% como máximo.

El grado de esterificación de las pectinas de alto metóxilo influye en que, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. Por ejemplo, una pectina con un grado de esterificación del 75% es capaz de gelificar ya a temperaturas de 95°, y lo hace en muy pocos minutos a temperaturas por debajo de 85°C. Por esto se llaman "pectinas rápidas". Además, las pectinas con un grado de esterificación mayor forman geles que son irreversibles térmicamente.

Tomando en cuenta que una pectina con un grado de esterificación del 65% no gelifica a una temperatura de 75°C, y tarda alrededor de media hora en hacerlo a 65°C. Es lo que se llama una "pectina lenta". Mientras que los geles formados por pectinas de grado de esterificación menor son reversibles.

b) Geles de pectina de bajo metóxilo/LM

En estas pectinas el mecanismo de formación de geles se da por la unión entre cadenas, se produce a través de iones de calcio, que forman puentes entre las cargas negativas. Las pectinas de bajo metóxilo forman geles de consistencia máxima con cantidades de calcio que oscilan de 20 a 100 mg de por gramo de pectina. La presencia de azúcar reduce mucho la cantidad de calcio necesaria. Consecuentemente, a menor cantidad de azúcar presente en el producto, es necesario utilizar pectinas de metóxilo menor para obtener la misma consistencia.⁵

1.1.2.2. Composición nutricional de la pectina

La pectina está constituida principalmente por una cadena de unidades de ácido galacturónico, que están unidos por enlaces α -1,4 glucosídicos. La cadena de ácido galacturónico está parcialmente esterificada como ésteres metílicos. Las moléculas de pectina tienen un peso molecular de hasta 150.000 y un grado de polimerización de hasta 800 unidades. Las propiedades

⁵ <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>

funcionales de la pectina son en gran medida determinadas por el grado de esterificación (DE) de las moléculas de pectina.

La pectina está considerada como un tipo de fibra, ya que no aporta ningún nutriente al cuerpo humano, pero se encarga de eliminar los residuos y toxinas que se encuentran en el organismo.

1.1.2.3. Propiedades químicas y físicas de la pectina

a) Propiedades Químicas

El principal componente de la pectina es el ácido galacturónico parcialmente metilado. El porcentaje de unidades de ácido galacturónico que están esterificados con etanol dan el grado de esterificación, lo cual influye en las propiedades gelificantes de la pectina.

El químico suizo Von Felleberg, encontró que el ácido pectínico forma a través de sus grupos de ésteres (grupo metóxilo CH_3O) un componente importante en la molécula de la pectina. Desde entonces se ha comprobado que el contenido de metóxilo es crítico para la facilidad en la formación de gel. Al ácido galacturónico se le agrega los grupos ésteres y el éster del ácido galacturónico con los arabanos forman la molécula de la pectina, de gran tamaño que se encuentra en los tejidos de las frutas.

Los álcalis destruyen las pectinas aún en estado frío, mientras que la acidez débil también le afecta, pero bajo la influencia de calor. Las temperaturas altas sin la intervención de otro agente, parten la molécula de la pectina, que invariablemente provocan la reducción de su poder gelificante⁶.

b) Propiedades Físicas

Algunas de las propiedades físicas más relevantes de las sustancias pécticas son:

- Las pectinas son solubles en agua pura.
- Son insolubles en soluciones acuosas, donde gelificarían por enfriamiento si se disuelven a mayor temperatura.
- Las sales de cationes monovalentes de ácidos pécticos o pectínicos son generalmente solubles en agua
- Las sales de cationes di o trivalentes son débilmente solubles o insolubles
- Las soluciones de pectinas exhiben generalmente comportamiento no-newtoniano, pseudo plástico.
- La solubilidad y viscosidad de una pectina está relacionada al peso molecular, al grado de esterificación, a la concentración de preparación, al pH, y a la presencia de iones opuestos en la solución.
- La adición de cationes monovalentes conduce a una reducción de viscosidad, que se acentúa con decreciente grado de esterificación.
- La adición de sales de cationes di y trivalentes tiene un efecto opuesto.

⁶ <http://documents.mx/documents/extraccion-de-pectina-d-papaya1.html>

- La viscosidad, solubilidad y gelificación, están referidos a factores que incrementan la fuerza del gel.
- Las sales de cationes monovalentes son sumamente ionizadas en solución, conduciendo a una distribución extendida de cargas iónicas que impide la agregación de cadenas de polímeros y exhiben una viscosidad estable.
- La habilidad de las pectinas a formar geles se pone de manifiesto en presencia de un agente deshidratante (azúcar), un pH cercano a 3 o en presencia de iones calcio. Los factores que determinan la ocurrencia de una gelificación y su posible influencia en las características del gel son: pH, concentración de soluto (azúcar), concentración y tipo de cationes, temperatura y por supuesto, concentración de pectina.
- La influencia de estos factores sobre la gelificación depende de las siguientes propiedades moleculares de cada pectina específica: peso molecular, grado de esterificación, grado de amidación, presencia de ésteres acetato y heterogeneidad. En general bajo condiciones similares, el grado de gelación, la temperatura de gelificación y la fuerza del gel son generalmente proporcionales mutuamente y cada propiedad es proporcional al peso molecular e inversamente proporcional al grado de esterificación.
- Los valores de pK aparente (pH a 50 % de disociación) varía con el grado de esterificación de pectina (para un grado de esterificación del 65 % el pK

aparente es de 3,55; mientras que a 0 % de grado de esterificación de ácido péctico tiene un pK aparente de 4,1).

- El pH afecta la textura del gel, más que la fuerza de gel. Los geles se forman cuando las moléculas de pectinas firmemente hidratadas, pierden agua por hidratación competitiva de moléculas de coso luto, provocando un mayor contacto entre las moléculas de pectina, formando zonas de unión por enlace de hidrógeno, resultando un retículo de cadenas de polímero que atrapa agua y moléculas de soluto.
- Las pectinas de alto metóxilo gelificarán solamente en presencia de grandes concentraciones de azúcar (mínimo 55 %)
- Las pectinas de bajo metóxilo gelificarán en ausencia de azúcar, si un catión divalente está presente, pero incrementando los sólidos solubles elevará la temperatura de gelificación y la fuerza del gel.
- Los cationes divalentes están innecesariamente presentes para la formación de un gel de pectina de alto metóxilo, debido al bajo número de grupos carboxilatos que necesita unir, y debido a la formación de áreas hidrofóbicas paralelas a los ejes de hélices por un apilamiento de columnas de grupos ésteres metílicos.

- La preparación de cualquier sistema que esté en potenciales condiciones de gelificación, será preparado a una temperatura mayor a la temperatura de gelificación. El enfriamiento posterior del sistema provoca una disminución de la energía térmica de las moléculas incrementando la tendencia a formar zonas de unión, las que alcanzan su mayor valor a la temperatura de gelificación.
- Los geles hechos con pectinas de bajo metóxilo se forman rápidamente y son termorreversibles.
- Los geles hechos con pectina de alto metóxilo se forman lentamente y no son termorreversibles.
- La concentración de pectina requerida para la formación de gel es inversamente proporcional a la concentración de sólidos solubles, en general, incrementando la concentración de sólidos disminuye la actividad de agua, incrementa el tamaño y número de zonas de unión y, si los otros factores se mantienen constantes se incrementa la fuerza de gel.
- A pH constante la fuerza de gel de pectinas de alto metóxilo se incrementa con el incremento del grado de esterificación. A medida que disminuye el grado de esterificación de una pectina de alto metóxilo se requiere un pH menor para la gelificación (se incrementa el pK aparente).

- A medida que disminuye el grado de esterificación de las pectinas de alto metóxilo y las pectinas de bajo metóxilo, tienen una mayor temperatura de gelificación y un mayor requerimiento de cationes divalentes.
- La amidación resulta en una superior temperatura de gelificación y una decreciente necesidad de cationes divalentes.
- La distribución de grupos carboxilatos/carboxílicos también afecta la gelificación. Las pectinas con impedimentos de grupos metil éster y carboxil, como opuesto a una distribución random, generalmente produce geles más débiles y tienen un mayor requerimiento para cationes divalentes⁷

1.1.2.4. Usos y aplicaciones de la pectina

La pectina en alimentos, es utilizada en la preparación de geles, mermeladas, jaleas, como estabilizantes, etc.

Las industrias de productos de frutas y algunas empresas emplean pectina líquida y la pectina en polvo.

Las pectinas también se emplean para fines medicinales, utilizadas como emulgente para la preparación de ungüentos, polvos, tabletas y otros medicamentos.⁷

⁷ <http://documents.mx/documents/extraccion-de-pectina-d-papaya1.html>

Entre las diferentes aplicaciones de las pectinas se destacan:

- Las pectinas de gelificación rápida se usan en mermeladas.
- Las pectinas de gelificación lenta se utilizan principalmente en salsas, jaleas, productos de panadería, confitería, etc.
- Las pectinas estabilizantes se utilizan en productos proteínicos ácidos.
- Las pectinas de bajo metóxilo se emplean en diversos productos bajos en azúcar, preparaciones de fruta para yogurt, geles de postres y salsas. También, se pueden utilizar en productos altamente azucarados de alta acidez como conservas que contengan frutas ácidas.⁸

1.1.2.5. Proceso para la elaboración de pectina

Los pasos utilizados en la elaboración de pectina son los siguientes:

Preparación del material: Industrialmente esta operación consiste en desmenuzar la corteza, albedo y flavedo residual después de la extracción del jugo y aceites esenciales, con el propósito de aumentar la superficie específica del material, y someterlo a procesos que permitan la eliminación de sustancias extrañas como pigmentos, principios amargos, ácidos residuales, azúcares, etc. y, eventualmente, inactivación enzimática. Estos procesos pueden individualizarse como:

⁸ <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/Tecnura/article/viewFile/6179/7703>

a) Precipitación por alcohol de las sustancias insolubles en este solvente. Es un método muy eficaz pero sumamente costoso.

b) Lixiviación de la corteza con agua fría hasta eliminar completamente los sólidos solubles. Junto con las sustancias extrañas se pierden las pectinas solubles en cáscara de fruta cítrica, esta fracción es muy baja y de escaso poder de gelificación.

c) Adicionalmente, en caso que la extracción de pectina no se realice inmediatamente a la separación de sustancias extrañas, es necesario inactivar las enzimas pectolíticas naturales que la degradarían en el almacenamiento. Esta operación se realiza tradicionalmente con agua hirviendo o vapor y posteriormente se deshidrata a temperatura moderada hasta que la humedad final sea aproximadamente 6%, se muele y almacena para extracción de pectina o para ser utilizado como tal en la elaboración de otros productos alimenticios.

Extracción de pectina: Para convertir la protopectina insoluble en pectina soluble, se trata el material preparado en la etapa anterior, con ácido diluido en caliente. El ácido tartárico, clorhídrico, sulfúrico, láctico o cítrico se pueden usar para la elaboración de estas y las variables más importantes en la extracción de pectina son el pH (entre 1,5 a 3); la temperatura (de 80°C a 100°C) y el tiempo de calentamiento (de 45 min a 90 min). Para cada extracción, y con el fin de obtener la mayor cantidad de pectina es necesario realizar varias extracciones consecutivas sobre el mismo material. La solución aún caliente se

filtra o centrifuga, para separar el extracto pectínico del residuo sólido remanente. Otro método consiste en almacenar el material preparado con un conservante como el SO₂ y, cuando se decida su extracción, agregar solamente agua y hervir (la presencia del SO₂ da la acidez requerida) y filtrar. Se ha desarrollado un método utilizando alcohol acidulado, con el propósito de realizar las dos operaciones en un solo paso, haciendo uso de una larga columna y permitiendo que el alcohol acidulado gotee a través de toda la masa.

Concentración de extracto pectínico: La solución clarificada de pectina se debe concentrar, antes de ser precipitada o deshidratada. Este proceso se realiza tradicionalmente por evaporación bajo vacío, hasta obtener un producto de alta viscosidad, concordante con un contenido de pectina de aproximadamente 4%. Otro método consiste en hacer uso de los procesos de membrana, con el propósito de fraccionar los sólidos y concentrar la pectina para obtener un producto deshidratado con diferentes proporciones relativas de constituyentes inerte. Para determinados mercados regionales se puede comercializar pectina líquida suficientemente concentrada para reducir costos de conservación, almacenamiento y transporte; además de facilitar su utilización en determinadas aplicaciones industriales. En estas circunstancias se hace necesario una correcta pasteurización, envasado y almacenamiento en ambientes frescos.

Precipitación con solvente (Opcional): La solución concentrada de pectina se pasteuriza y comercializa como tal, o se precipita con alcohol etílico,

isobutílico, o acetona. El precipitado, que es un material fibroso constituido básicamente por pectina, se separa de la solución por filtración.

Secado de la pectina: El extracto pectínico concentrado se puede deshidratar en secadores por atomización y si opcionalmente se precipita, en secador de bandeja abierta o túnel de secado.⁹

1.1.2.5.1. Proceso utilizado para la obtención de la pectina de toronja

La extracción de pectina a partir de la cáscara de toronja incluye las siguientes operaciones:

- **Selección:** consiste en clasificar la fruta de toronja, debe estar sana, libre de magulladuras, picaduras y partes oscuras.
- **Cortado:** es partir la fruta por la mitad para eliminar las partes no aprovechables (semillas y jugo) y obtener solamente la cáscara, luego cortarla en partes pequeñas.
- **Secado:** colocar los trozos de cáscara en trozos en una estufa por una hora a 60°C, para eliminar la humedad y evitar que se deteriore.

⁹ <https://outlook.live.com/owa/?mkt=es-es&path=/attachmentlightbox>

- **Molienda:** a la cáscara seca se la tritura en un molino para que faciliten luego la operación.
- **Pesada:** primero pesar las cáscaras húmedas con el fin de determinar el peso promedio, luego pesar las cáscaras secas y molidas para proceder al respectivo análisis.
- **Extracción de la Pectina:** se realizarán dos tipos de proceso de extracción: una como medio de extracción el ácido clorhídrico y en el otro ácido sulfúrico.
- **Filtración:** el extracto líquido se separa de la cáscara molida por medio de la filtración.
- **Decoloración:** como el extracto que se obtiene es un poco turbio, es necesario decolorarlo.
- **Precipitación:** el extracto ligeramente decolorado es precipitado mediante la adición de alcohol, el cual rápidamente forma coágulos gelatinosos, es decir formando un gel, el mismo que tiene una coloración cremosa.
- **Filtración:** el precipitado obtenido se lo lleva a filtración para poder separarlo del alcohol.

- **Lavado del Precipitado:** este lavado se lo realiza con el objeto de eliminar el ácido clorhídrico que se encuentra impregnado en la pectina precipitada, esto se logra mediante sucesivos lavados, con alcohol al 60%.
- **Secado:** una vez lavada y filtrada la pectina se procede a secarla en una estufa por una hora a 60°C, cuando está bien seca la pesamos.
- **Molienda:** la pectina seca es finalmente pulverizada, obteniendo una coloración beige.¹⁰

1.2. Efecto de gelificación

Es un proceso donde los hidrocoloides pasan a formar los geles termorreversibles que se forman enfriándose en una solución caliente. El gel puede fundirse de nuevo en cualquier momento, el otro grupo de hidrocoloides es soluble en agua fría o caliente y requiere la adición de sales o ácidos para que se pueda formar un gel, estos geles no pueden fundirse de nuevo.

En las frutas las sustancias pécticas constituyen un factor determinante de la textura y firmeza y por lo tanto de la calidad del producto.¹¹

¹⁰ https://scholar.google.es/scholar?start=30&q=como+obtener+pectina+de+la+cscara+de++toronja&hl=es&as_sdt=0,5

¹¹ <http://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/4984/130117.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPÍTULO II

ESTUDIO DE CAMPO

2.1. Métodos y Técnicas

En la presente investigación se utilizó el método inductivo que permitió realizar el análisis general y las conclusiones a partir del desarrollo del experimento, utilizándose como refuerzo la observación de las particularidades que integraron la exploración; el mismo tuvo implícita la utilización del método deductivo partiendo de los mismos hechos particulares que complementan la conclusión de la investigación. También se utilizó el método estadístico para tabular y analizar los datos obtenidos, procediendo de esta manera a aceptar o rechazar la hipótesis planteada.

Las técnicas usadas se detallan a continuación:

2.1.1. Observación científica

La observación en la investigación permitió determinar la diferencia entre los dos tipos de pectinas utilizados, además permitió investigar en el laboratorio cada una de las operaciones en las diferentes etapas en que se efectuó esta investigación.

2.1.2. Diseño Experimental

Para efectos de la investigación se utilizó un diseño UNIFACTORIAL, donde el FACTOR A corresponde al TIPO DE PECTINA UTILIZADO; se trabajó con 5 réplicas.

A continuación, en el Cuadro # 1 se detalla los tratamientos a usar:

CUADRO # 1. TRATAMIENTO

CODIGO	Tipo de pectina utilizado	REPLICAS				
		1	2	3	4	5
P1	Pectina comercial					
P2	Pectina a partir de cáscaras toronja					

Elaborado por: Rojas, D. (2016)

2.1.3. Tiempo de gelificación

Para la determinación del tiempo de gelificación se utilizó 100 ml de una solución azucarada al 25%.

El tiempo de gelificación se determinó mediante la utilización de un cronómetro con el que se midió el tiempo en que demoró en gelificar la solución azucarada a la cual se le añadió 2 g de pectina comercial en comparación con la solución

azucarada a la que se le añadió 2 g de pectina obtenida a partir de cáscaras de toronja, desde el momento en que éstas se diluyeron.

2.1.4. Consistencia

Para la determinación de la consistencia también se utilizó 100 ml de una solución azucarada al 25% y se usó un cronometro.

La consistencia se midió cuantificando el tiempo de desplazamiento de la masa (solución azucarada gelificada) del vaso a una superficie plana.

2.2. RESULTADOS

2.2.1. Proceso de elaboración de pectina

A partir de la realización de una prueba piloto se determinó las operaciones para el proceso de elaboración de la pectina a partir de las cáscaras de toronja.

A continuación, se detallan los pasos del proceso:

- a) Se pela las toronjas, dejando más parte blanca como sea posible (es rica en pectina)
- b) Se corta la cáscara de toronja en tiras finas y se usa el cuchillo para retirar la cáscara blanca

- c) Se corta la parte blanca en cubitos pequeños
- d) Se agrega 2 cucharadas de jugo de limón a la parte blanca picada. Se deja reposar esta mezcla durante una hora.
- e) Se agrega el agua a la mezcla de limón y parte blanca de toronja y se deja reposar una hora.
- f) Se lleva la mezcla a cocción y se deja hervir a fuego lento durante 10 minutos.
- g) Se vierte la mezcla en un colador cubierto con gasa y se deja que drene durante 12 horas al menos. Es preferible no presionar los sólidos debido a que la pectina se enturbiará.
- h) Se prueba el líquido obtenido para ver el contenido de pectina, mezclando una cucharada de alcohol desnaturalizado con una cucharada de pectina en un frasco pequeño con tapa, se sacude y se deja reposar un minuto. Si la mezcla se vuelve gelatinosa, el líquido obtenido en el literal anterior tiene un alto contenido de pectina.

2.2.2. Resultados Tiempo de gelificación

Los resultados de Tiempo de gelificación se detallan a continuación:

Cuadro # 2. Resultados Tiempo de Gelificación

Tipo de Pectina	Tiempo de gelificación (segundos)				
	1	2	3	4	5
Pectina comercial	5	5	5	5	5
Pectina cáscaras toronja	7	7	6	8	7

Elaborado por: Rojas, D. (2016)

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis en el software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) con el objetivo de establecer el tratamiento que llegó a tener significancia entre los parámetros en estudio, lo que permitió valorar la hipótesis establecida.

Cuadro #3. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,00	1	10,00	40,00	0,0002
Tratamiento	10,00	1	10,00	40,00	0,0002
Error	2,00	8	0,25		
Total	12,00	9			

La estadística refleja que para ser significativo un valor estudiado, el valor estadístico P debe ser menor a .05, por tal razón en base a los resultados de ANOVA si hay varianza significativa, lo que demuestra que en el Tiempo de gelificación hay diferencia entre los tratamientos. Con estos antecedentes, para la identificación del tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad se utilizó los promedios obtenidos de los datos que resultaron en la evaluación, cuyos resultados se muestran a continuación en el Cuadro #4 en el que se puede observar que la pectina comercial es significativamente diferente a la pectina de las cáscaras de toronja en cuanto al tiempo de gelificación; siendo superior esta última.

Cuadro #4. Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72922

Error: 0,2500 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1,00	5,00	5	0,22	A
2,00	7,00	5	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

2.2.3. Resultados Consistencia

Los resultados de Consistencia se detallan a continuación:

Cuadro # 5. Consistencia

Tipo de Pectina	Consistencia (segundos)				
	1	2	3	4	5
Pectina comercial	4	6	7	6	6
Pectina cáscaras toronja	9	5	6	5	5

Elaborado por: Rojas, D. (2016)

De igual manera, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis en el software estadístico SPSS

Cuadro #6. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Tratamiento	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	17,60	8	2,20		
Total	17,60	9			

El valor estadístico P no es menor a .05, por tal razón en base a los resultados de ANOVA no hay varianza significativa, lo que demuestra que en Consistencia no hay diferencia entre los tratamientos.

CAPÍTULO III

PROPUESTA

3.1. Tema

Elaboración de pectina a partir de la cáscara de toronja

3.2. Materiales y Equipos

Los materiales y equipos utilizados en el proceso de elaboración de pectina a partir de las cáscaras de toronja incluyen:

- 6 a 8 toronjas
- 2 tazas de agua
- 2 cucharadas de jugo de limón
- Olla de acero inoxidable
- Colador
- Alcohol desnaturalizado al 70%
- Frasco pequeño con tapa

3.3. Proceso de elaboración

El proceso de elaboración de pectina a partir de las cáscaras de toronja se describe a continuación:

- i) Se pela las toronjas, dejando más parte blanca como sea posible (es rica en pectina)
- j) Se corta la cáscara de toronja en tiras finas y se usa el cuchillo para retirar la cáscara blanca
- k) Se corta la parte blanca en cubitos pequeños
- l) Se agrega 2 cucharadas de jugo de limón a la parte blanca picada. Se deja reposar esta mezcla durante una hora
- m) Se agrega el agua a la mezcla de limón y parte blanca de toronja y se deja reposar una hora
- n) Se lleva la mezcla a cocción y se deja hervir a fuego lento durante 10 minutos
- o) Se vierte la mezcla en un colador cubierto con gasa y se deja que drene durante 12 horas al menos. Es preferible no presionar los sólidos debido a que la pectina se enturbiará
- p) Se prueba el líquido obtenido para ver el contenido de pectina, mezclando una cucharada de alcohol desnaturalizado con una cucharada de pectina en un frasco pequeño con tapa, se sacude y se deja reposar un minuto. Si la mezcla se vuelve gelatinosa, el líquido obtenido en el literal anterior tiene un alto contenido de pectina.

CAPITULO IV

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados Tiempo de gelificación

Los resultados de Tiempo de gelificación se detallan a continuación:

Cuadro # 6. Resultados Tiempo de Gelificación

Tipo de Pectina	Tiempo de gelificación (segundos)				
	1	2	3	4	5
Pectina comercial	5	5	5	5	5
Pectina cáscaras toronja	7	7	6	8	7

Elaborado por: Rojas, D. (2016)

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis en el software estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) con el objetivo de establecer el tratamiento que llegó a tener significancia entre los parámetros en estudio, lo que permitió valorar la hipótesis establecida.

Cuadro #3. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,00	1	10,00	40,00	0,0002
Tratamiento	10,00	1	10,00	40,00	0,0002
Error	2,00	8	0,25		
Total	12,00	9			

La estadística refleja que para ser significativo un valor estudiado, el valor estadístico P debe ser menor a .05, por tal razón en base a los resultados de ANOVA si hay varianza significativa, lo que demuestra que en el Tiempo de gelificación hay diferencia entre los tratamientos. Con estos antecedentes, para la identificación del tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad se utilizó los promedios obtenidos de los datos que resultaron en la evaluación, cuyos resultados se muestran a continuación en el Cuadro #4 en el que se puede observar que la pectina comercial es significativamente diferente a la pectina de las cáscaras de toronja en cuanto al tiempo de gelificación; siendo superior esta última.

Cuadro #4. Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,72922

Error: 0,2500 gl: 8

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
1,00	5,00	5	0,22	A
2,00	7,00	5	0,22	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

4.2. Resultados Consistencia

Los resultados de Consistencia se detallan a continuación:

Cuadro # 7. Consistencia

Tipo de Pectina	Consistencia (segundos)				
	1	2	3	4	5
Pectina comercial	4	6	7	6	6
Pectina cáscaras toronja	9	5	6	5	5

Elaborado por: Rojas, D. (2016)

De igual manera, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis en el software estadístico SPSS

Cuadro #6. Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Tratamiento	0,00	1	0,00	0,00	>0,9999
Error	17,60	8	2,20		
Total	17,60	9			

El valor estadístico P no es menor a .05, por tal razón en base a los resultados de ANOVA no hay varianza significativa, lo que demuestra que en Consistencia no hay diferencia entre los tratamientos.

Propiedades del Poder Gelificante

El poder de gelificación muestra: Desde el punto de vista de la tecnología alimentaria la propiedad más importante de las pectinas es su aptitud para formar geles; por lo que concierne a la pectina en sí misma, los caracteres del gel dependen esencialmente de dos factores: Longitud de la molécula péctica y su grado de metilación.

Para un mismo contenido en pectina del gel final la longitud de la molécula condiciona su rigidez o firmeza; por debajo de una cierta longitud molecular una pectina no forma geles, cualquiera que sea la dosis empleada y las restantes condiciones del medio. En cuanto al grado de metilación contribuye por un lado a regular la velocidad de gelificación, pero debido fundamentalmente a la influencia de los enlaces entre moléculas pécticas también es responsable de

algunas propiedades organolépticas de los geles pectina-azúcar-ácido, que forman las pectinas de alto contenido de metóxilo.

Los resultados de los análisis practicados sobre las muestras de pectina obtenidas en las instalaciones mediante la extracción con HCl y con SO₄H₂.

Las pruebas organolépticas que se efectuaron sobre las muestras de pectina obtenidas en las instalaciones y las comerciales no muestran conforme a diferencias extraídas con el HCl y la comercial, si se presentan diferencias principalmente en cuanto la apariencia, color y textura.

De los resultados obtenidos se observa que la temperatura y el tiempo de calentamiento empleados en el proceso no influyen en forma proporcional sobre los rendimientos de pectina.

CONCLUSIONES

El proceso de elaboración de pectina a partir de las cáscaras de toronja es sumamente sencillo y su utilización permite obtener resultados similares a los obtenidos con el uso de pectina comercial.

La evaluación de los resultados a partir de los análisis realizados demostró que la pectina comercial presentó significancia en comparación con la pectina elaborada a partir de las cáscaras de toronja en el parámetro de tiempo de gelificación, obteniendo un promedio de 5 segundos versus los 7 segundos de la pectina de toronja.

En consistencia no existe diferencia significativa entre ambos tratamientos, obteniendo tanto la pectina comercial como la pectina de cáscaras de toronja una media de 5,80 segundos.

El grado de maduración de la toronja utilizada para la obtención de pectina influye directamente en la velocidad de gelificación de la misma, pese a que se requieren análisis más específicos para determinar el grado de gelificación de una pectina, basándose en los resultados obtenidos se estima que la pectina de toronja usada tienen un poder gelificante medio.

RECOMENDACIONES

Realizar pruebas más profundas utilizando la pectina obtenida a partir de las cáscaras de toronja en la elaboración de diferentes tipos de mermeladas.

Analizar el tiempo de vida útil de la pectina obtenida de las cáscaras de toronja con la finalidad de potenciar su uso en la industria alimenticia

Realizar análisis fisicoquímicos a la pectina de cáscaras de toronja para garantizar seguridad en el uso alimentario.

BIBLIOGRAFIA

Braverman J. B.S. (1967). Introducción a la bioquímica de los alimentos.- Pectina. Editorial Acribia.

Beltrán A, Larrondo C, Ramírez M, Ruiza A, Salgado L. (2011). Producción de pectinasas por *Aspergillus niger* partir de cáscaras de naranja y de toronja como fuente de carbono.

Sánchez J, Belmar M, Riveros W, Belmar D. (2011). Producción de enzimas pécticas *Aspergillus niger* partir de cáscaras de naranja y de toronja como fuente de carbono.

ALIMENTANDONOS GRUPO ALIMENTACIÓN SANA ORG. (2011). Las dos caras del jugo de pomelo. Recuperado de: <http://alimentandonos.com/2012/02/las-dos-caras-del-jugo-de-pomelo/>

Edu. (2013) Como obtener pectina. Recuperado de: https://scholar.google.es/scholar?start=30&q=como+obtener+pectina+de+la+cs+cara+de++toronja&hl=es&as_sdt=0,5

Palermo. (2013) Pectina de Toronja. Recuperado de: <https://dspace.palermo.8443/xmlui/bitstream/handle/10226/1359/Art%2025%20CyT%2013%20Toronja%20Escobedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Belmar D. (2011) Pectinas. Recuperado de:

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>

INNATIA. (2013). Propiedades del pomelo. Recuperado de:

<http://www.innatia.com/s/c-frutas/propiedades-frutos/a-propiedades-del-pomelo.html>

Devia J. (2003). Proceso para producir pectinas cítricas. Rev. Univ. EAFIT,

(129).http://www.ehowenespanol.com/extraer-pectina-cascara-del-limoncomo_80152/

Yegres S, (2010) Propiedades de toronja. Recuperado de:

<http://www.natursan.net/beneficios-y-propiedades-de-la-toronja/>

<http://www.zonadiet.com/comida/pomelo.htm>

Enespol. (2010) Extracción de pectina. recuperado de:

http://www.ehowenespanol.com/extraer-pectina-cascara-del-limoncomo_80152/

Artext_ org. (2008) pectinazas. Recuperado de:

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S037878182005000300004&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo # 1



Pectina de toronja obtenida en líquido



Gelificacion de pectina comercial



Gelificacion de pectina de toronja

Anexo # 2



Consistencia



Estado de ebullición de los ingredientes

Anexo # 3
Equipos

