

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRARIA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y DE**

**BIOCOMERCIO**



**TESIS DE INVESTIGACIÓN**

**“EXTRACCIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) DE VARIEDAD EDWARD Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA, CHULUCANAS-PIURA”**

**EJECUTORA:**

Bach. Juarez Bereche Maricarmen

**ASESOR:**

Blgo. Henry Robles Cueva

**COASESORA:**

Dra. Nilda Montes Villanueva

**CHULUCANAS – PIURA**

**2018**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 011-2018/UCSS/FIA

Siendo las 10:00 am horas, del día 30 de junio de 2018, en el aula N° 04 del local ubicado en el Jr. Amazonas N° 1005 en la Ciudad de Chulucanas - Universidad Católica Sedes Sapientiae - Centro de Investigación, Profesionalización y Extensión Universitaria para la Inclusión Social y el Desarrollo Regional en Chulucanas, los miembros del Jurado de Tesis, integrado por:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Ing. William Nemesio Chunga Trelles | Presidente      |
| 2. Ing. Héctor Alonso Escobar García   | Primer Miembro  |
| 3. Ing. Roberto Salazar Ríos           | Segundo Miembro |
| 4. Bigo. Henry Robles Cueva            | Asesor          |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada: "EXTRACCIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) DE VARIEDAD EDWARD Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA, CHULUCANAS-PIURA", que presenta la bachiller en Ingeniería Agroindustrial y de Biocomercio, la Srta. Maricarmen Juarez Bereche cumpliendo así con los requerimientos exigidos en el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agroindustrial y Biocomercio**.

Terminada la sustentación, el Jurado luego de deliberar, acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de BUENA y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare EXPEDITA para conferirle el TÍTULO de INGENIERO AGRINDUSTRIAL Y BICOMERCIO.

Firmado en Chulucanas, 30 de junio de 2018.

  
Ing. William Nemesio Chunga Trelles  
PRESIDENTE

  
Ing. Héctor Alonso Escobar García  
1° MIEMBRO

  
Ing. Roberto Salazar Ríos  
2° MIEMBRO

  
Bigo. Henry Robles Cueva  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Dedicado en primer lugar a Dios, por permitirme la vida y así poder realizar mis metas, guiarme y bendecirme en cada etapa. A mis padres, Fernando Juarez Sosa y Olga Bereche Villaseca, por su apoyo incondicional y por el esfuerzo que han hecho para darme la mejor de las herencias, la educación; que a pesar de todos los momentos difíciles nos han inculcado lo bueno de las cosas. A mis hermanos, por ser la inspiración de mi vida. Por otro lado a Miguel Alvarado, por alentarme a seguir por más y no dejarme caer ante la adversidad, por su comprensión y gran apoyo moral.

## **AGRADECIMIENTO**

A Monseñor Daniel Turley por promover la educación superior en la ciudad de Chulucanas y brindar la oportunidad a muchos jóvenes con carencias económicas.

A la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), por la formación profesional y por dar las facilidades para poder desarrollar el presente trabajo de investigación en sus instalaciones.

A los profesores por compartir sus enseñanzas con nosotros y formarnos académicamente, principalmente al Blgo. Henry Robles Cueva y a la Dra. Nilda Montes Villanueva por la asesoría profesional, quienes con sus sugerencias apoyaron en la estructura del plan de tesis, por su tiempo y consejos durante la presentación del plan de tesis y en el desarrollo de la misma.

Al Ing. William Chunga Trelles, al Ing. Roberto Salazar y al Ing. Pedro Palacios Farfán por sus aportes durante el proceso de extracción del producto y sus palabras alentadoras para dicha investigación.

Al Ing. Luis Vignolo Farfán y al Ing. Jorsi Balcázar Gallo por sus sugerencias durante el desarrollo y análisis de la investigación.

Por otro lado, agradecer a mis hermanos, Yasmin, Kahory y Fernando; a mis abuelos Luciana y Francisco; mi tío Hernán Bereche, por su aprecio y gran estima; a mis amigas, Reyna, Katiana y a mi prima Katherine, por sus consejos y ánimos constante; a todos los que me ayudaron avanzar a través del largo y extenuante camino del desarrollo de la tesis.

## ÍNDICE GENERAL

CARÁTULA .....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	vii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE APÉNDICES .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. BASES TEÓRICAS.....	6
1.2.1. Mango " <i>Mangifera indica</i> L.".....	6
1.2.2. Pectina .....	9
1.2.3. Mermelada .....	16
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS .....	19
2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	19
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS .....	19
2.2.1. Materia prima .....	19
2.2.2. Materiales .....	19
2.2.3. Equipos .....	20
2.2.4. Reactivos.....	20
2.3. METODOLOGÍA.....	21
2.3.1. Acondicionamiento .....	23
2.3.2. Extracción de pectina .....	25
2.3.3. Evaluación y caracterización de la pectina extraída .....	27
2.3.4. Aplicación de la pectina a la elaboración de la mermelada.....	31
2.3.5. Evaluación sensorial de la mermelada .....	34
2.3.6. Diseño experimental y análisis estadístico.....	34

<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1. RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.1. Pectina.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1.2. Mermelada.....</b>	<b>40</b>
<b>3.2. DISCUSIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.1. Rendimiento de la pectina.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2.2. Evaluación de los tratamientos respecto al porcentaje de pectina total.</b>	<b>46</b>
<b>3.2.3. Características fisicoquímicas de la pectina.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2.4. Aplicación de la pectina a la mermelada.....</b>	<b>48</b>
<b>3.2.5. Aceptabilidad de la mermelada.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>52</b>
<b>TERMINOLOGÍA.....</b>	<b>57</b>
<b>APÉNDICES.....</b>	<b>59</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del mango .....	6
Tabla 2. Composición de la cáscara de mango .....	7
Tabla 3. Características fisicoquímicas del mango Edward utilizado .....	23
Tabla 4. Diseño experimental para la extracción de pectina .....	35
Tabla 5. Rendimientos de pectina.....	36
Tabla 6. Resultados de pectina total .....	38
Tabla 7. Análisis de varianza para los tratamientos .....	38
Tabla 8. Resultados de caracterización .....	40
Tabla 9. Grados Brix en la maduración del mango .....	59
Tabla 10. Escala hedónica para la aceptabilidad de la mermelada .....	66
Tabla 11. Puntaje para la intención de compra de la mermelada.....	67
Tabla 12. Análisis POST ANOVA.....	73
Tabla 13. Pruebas de muestras independientes: T4 y T8.....	76
Tabla 14. Pruebas de muestras independientes: T4 y T3.....	76
Tabla 15. Pruebas de muestras independientes: T4 y T6.....	77
Tabla 16. Pruebas de muestras independientes: T6 y T5.....	77
Tabla 17. Pruebas de muestras independientes: T6 y T7.....	78
Tabla 18. Pruebas de muestras independientes: T1 y T5.....	78
Tabla 19. Pruebas de muestras independientes: T1 y T2.....	79
Tabla 20. Aceptabilidad del color.....	83
Tabla 21. Aceptabilidad del olor.....	83
Tabla 22. Aceptabilidad del sabor.....	84
Tabla 23. Aceptabilidad de la textura.....	84
Tabla 24. Prueba de efectos inter-sujetos en los factores de investigación.....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Evolución de las áreas sembradas de mango (1995/1996 a 2014/2015).....	8
<i>Figura 2.</i> Estructura química del ácido poligalacturónico.....	10
<i>Figura 3.</i> Estructura de pectina de alto grado de metoxilo.....	12
<i>Figura 4.</i> Estructura de pectina de bajo grado de metoxilo.....	12
<i>Figura 5.</i> Diagrama de proceso para la extracción de pectina de mango variedad Edward...22	
<i>Figura 6.</i> Diagrama de proceso para la elaboración de mermelada con la pectina extraída del mejor tratamiento.....	32
<i>Figura 7.</i> Rendimientos de pectina por tratamiento.....	37
<i>Figura 8.</i> Análisis de medias de las pectinas.....	39
<i>Figura 9.</i> Aceptación porcentual del olor.....	41
<i>Figura 10.</i> Aceptación porcentual del color.....	42
<i>Figura 11.</i> Aceptación porcentual del sabor.....	42
<i>Figura 12.</i> Aceptación porcentual de la textura.....	43
<i>Figura 13.</i> Intensión de compra de la mermelada.....	44

## ÍNDICE DE APÉNDICES

APÉNDICE 1: MADURACIÓN DEL MANGO .....	59
APÉNDICE 2: FICHA TÉCNICA DEL ÁCIDO CÍTRICO.....	61
APÉNDICE 3: ANÁLISIS SENSORIAL .....	66
APÉNDICE 4: FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA MERMELADA DE MANGO .....	68
APÉNDICE 5: CÁLCULOS DE RENDIMIENTOS DE LAS PECTINAS .....	70
APÉNDICE 6: INFORME DE ANÁLISIS DE PECTINA TOTAL .....	72
APÉNDICE 7: ANÁLISIS POST ANOVA.....	73
APÉNDICE 8: PRUEBAS DE MUESTRAS INDEPENDIENTES.....	76
APÉNDICE 9: CÁLCULOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA PECTINA .....	80
APÉNDICE 10: RESULTADOS DEL INFORME DE LA CARACTERIZACIÓN DE PECTINA .....	82
APÉNDICE 11: FRECUENCIAS PARA LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA MERMELADA .....	83
APÉNDICE 12: PRUEBA DE EFECTOS INTER-SUJETOS EN LOS FACTORES DE LA INVESTIGACIÓN.....	85
APÉNDICE 13: FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....	86

## RESUMEN

El mango es una de las principales frutas de la región Piura, en la variedad Edward solo se industrializa a nivel nacional en diferentes subproductos, de ello sus residuos se desperdician en el ambiente y se genera gran contaminación. El objetivo de la presente investigación fue extraer pectina de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) de la variedad Edward y su aplicación a la elaboración de mermelada. Los factores a evaluar fueron el pH (1.5 y 3), la temperatura (60 °C y 85 °C) y el tiempo (60 y 80 minutos). Para el estudio se obtuvieron mangos de la ciudad de Chulucanas, se utilizó el método de precipitación por solventes orgánicos, haciendo uso del alcohol de 96° y como medio extractivo el ácido cítrico para la etapa de hidrólisis ácida. Para la aplicación de la pectina extraída se elaboró mermelada de mango. Las variables respuestas fueron el rendimiento y la pectina total, eligiéndose al mejor tratamiento para su caracterización fisicoquímica. En la mermelada se realizó un análisis sensorial a través de una escala hedónica a sus características principales (color, sabor, olor y textura). Los resultados estadísticos se evaluaron a través del programa estadístico SPSS (Statistical Product and Service Solutions), 23; utilizando análisis de varianza (ANOVA), a  $p=5\%$  de nivel de significación. Finalmente se obtuvieron como mejores tratamientos el T1 y T2, sobresaliendo el T2 por diferencias de medias. El T2 se obtuvo a pH 1.5, durante 80 minutos y 85 °C. Los resultados de la caracterización fueron un rendimiento de 2.6 %, 96.4 % de pectina total, 2326.42 mg/meq de peso equivalente, 0.86 meq/g de acidez libre, 8.55 % de humedad, 1.35 % de ceniza, 1.71 % de alcalinidad de ceniza, hierro 25.48 mg/100g base seca, calcio 1038.52 mg/100g base seca, 11.80 % de contenido de metoxilo, caracterizada como pectina de alto metoxilo, 81.69 % grado de esterificación y 82.37 % de ácido galacturónico. Respecto a la mermelada, la pectina fue aplicada a la mermelada a 10 gramos por kilogramo del producto final, la cual fue aceptada sensorialmente frente a sus características de olor, color, sabor y textura. Concluyendo que a un pH bajo y a una temperatura alta el rendimiento y el porcentaje de pectina total es mayor; así mismo, las características fisicoquímicas estuvieron dentro de los estándares internacionales, por lo tanto si pudo ser aplicado a la elaboración de mermelada, siendo aceptada sensorialmente.

**Palabras clave:** *Mangifera indica* L., pectina, hidrólisis ácida, mermelada, análisis sensorial.

## ABSTRACT

Mango is one of the main fruits of the Piura region, in the Edward variety it is only industrialized nationwide in different byproducts, its waste is wasted in the environment and great contamination is generated. The objective of the present investigation was to extract pectin from the mango peel (*Mangifera indica* L.) of the Edward variety and its application to the preparation of marmalade. The factors to be evaluated were pH (1.5 and 3), temperature (60 °C and 85 °C) and time (60 and 80 minutes). For the study mangoes were obtained from the city of Chulucanas, the method of precipitation by organic solvents was used, making use of the alcohol of 96° and as an extractive medium the citric acid for the acid hydrolysis stage. For the application of the extracted pectin mango jam was elaborated. The variable responses were yield and total pectin, choosing the best treatment for its physicochemical characterization. In the marmalade, a sensory analysis was carried out through a hedonic scale to its main characteristics (color, taste, smell and texture). The statistical results were evaluated through the statistical program SPSS (Statistical Product and Service Solutions), 23; using analysis of variance (ANOVA), at p=5 % level of significance. Finally, T1 and T2 were obtained as best treatments, with T2 exceeding due to differences in means. T2 was obtained at pH 1.5, for 80 minutes and 85 ° C. The results of the characterization were a yield of 2.6 %, 96.4 % of total pectin, 2326.42 mg/meq of equivalent weight, 0.86 meq/g of free acidity, 8.55 % of humidity, 1.35 % of ash, 1.71 % of alkalinity of ash, iron 25.48 mg/100g dry base, calcium 1038.52 mg/100g dry basis, 11.80 % methoxy content, characterized as high methoxyl pectin, 81.69 % degree of esterification and 82.37 % of galacturonic acid. Regarding jam, the pectin was applied to the jam at 10 grams per kilogram of sugar, which was sensory accepted against its characteristics of smell, color, taste and texture. Concluding that at a low pH and at a high temperature the yield and the percentage of total pectin is higher; equally, the physicochemical characteristics were within the international standards, therefore it could be applied to the elaboration of marmalade, being sensory accepted.

**Key words:** *Manguifera indica* L., pectin, acid hydrolysis, marmalade, sensory analysis.

## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la comercialización de frutales viene aumentando en grandes cantidades, siendo el mango uno de los más demandados. México es el primer exportador, con una participación estimada de 23 % en el volumen total, seguido de Brasil (13 %), Tailandia (12 %) y Perú (12 %) (Food and Agriculture Organization [FAO], 2017). Según Pitarch (2014), para los próximos años las exportaciones de mango muestran un panorama positivo, esta predicción se sustenta en el mayor rendimiento esperado de los cultivos, debido a que las plantaciones jóvenes que se vienen incorporando a la producción en los últimos años empiezan a alcanzar su madurez y su máximo rendimiento. El principal comprador de Perú es Países Bajos (40 %), seguido de EE.UU (30 %) y Reino Unido (10 %) (FAO, 2017).

En el Perú, la producción de mango se localiza principalmente en el departamento de Piura con un 78 %: en los distritos de Sullana, Tambogrande y Chulucanas; con una evolución de 27,120 hectáreas de áreas sembradas durante la campaña 2014-2015 (Asociación Peruana de Productores y Exportadores de Mango [APEM], 2014). Debido a la creciente demanda y comercialización de mango a nivel mundial, tanto fruta fresca como subproductos, se viene generando una gran cantidad de desechos durante el procesamiento, estos residuos no son aprovechados industrialmente, puesto que de esta gran cantidad se va como alimento de algunos animales y otra se desperdicia contaminando así el medio ambiente con la proliferación de microorganismos y muchos olores durante su putrefacción.

El mango en la variedad Edward no se exporta, debido a que su ciclo de maduración es muy corto, se comercializa en fruta fresca solo a nivel nacional y se industrializa en subproductos, como jugos, mermeladas, frutillas, entre otros. Por lo tanto, esta variedad es poco estudiada. Su producción se da en los meses de octubre a marzo. Su precio alcanza hasta S/.2.00 el kg y en los meses de máxima producción llegan a S/.0.80 el kg.

Uno de los métodos para el aprovechamiento de los residuos del mango es la obtención de subproductos que le aporten valor agregado al proceso de despulpado, como la extracción de pectina, con la finalidad de incorporarlos a otros procesos agroalimentarios (Gamboa, 2009). La pectina es una sustancia obtenida de la pared celular vegetal, principalmente de frutas, utilizándose en la industria alimentaria, farmacéutica, cosmética, entre otros. La

mayoría de los países de Latinoamérica, incluyendo Perú, no produce pectina; importándose para cubrir su demanda. En el año 2007 la demanda fue de 116,208.74 kg y en una proyección estimada para el año 2017 se calculó una demanda de 481,031.37 kg. De esta región solo México ha logrado apropiarse del mercado mundial, exportando cerca de 5 mil toneladas al año, con un importe de 45 millones de dólares (Chasquibol, Arroyo y Morales, 2008). Según TRADE MAP (2016), Perú importó 1,162 toneladas en el rubro de extractos vegetales, materias pecticas, pectinatos, pectatos, y demás mucílagos, con un valor de importación de 15'290,000 USD; obteniendo un valor de 13.158 USD por kilogramo.

Actualmente, se sabe que se ha obtenido pectina de mango común maduro en Colombia por Ferreira, Peralta y Rodríguez (1995). Por otro lado Contreras, Banda y Montañez (2009) realizaron una extracción enzimática de pectina de mango en México. Barreto, Púa, Alba y Pión (2017), extrajo pectina a partir de cáscara de mango de azúcar maduro en Colombia. En Perú, no existen estudios realizados de extracción de pectina de mango. Por ello fue importante realizar el estudio para conocer el porcentaje de pectina en esta fruta, especialmente de la variedad Edward, ya que la razón principal de haber escogido este tema está asociada a su gran producción, en relación a los escasos aportes sobre su industrialización en la extracción de pectina. Siendo también una alternativa para minimizar los desechos e incentivar la aplicación de tecnologías que reduzcan los costos de tratamiento de los residuos generados y reducir el impacto ambiental.

Finalmente, las pectinas extraídas son mayormente de cítricos y cáscara de manzana, es por ello que la presente investigación permite tener una alternativa de extraer pectina con productos de la región. Además aporta información nueva en las investigaciones sobre polímeros, la cual sirve de plataforma para impulsar nuevas investigaciones que enriquezcan el conocimiento en esta área. Los resultados de esta propuesta de investigación, además fomentan e incentivan el desarrollo de investigaciones de tipo multidisciplinarias entre los programas de ingeniería química, ingeniería de alimentos e ingeniería agroindustrial (Chasquibol et al., 2008).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Extraer pectina de la cáscara de mango (*Mangifera indica*) de variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Cuantificar el porcentaje de rendimiento de pectina obtenida de la cáscara del mango de variedad Edward.
2. Evaluar los tratamientos respecto al porcentaje de pectina total para elegir la mejor combinación.
3. Caracterizar fisicoquímicamente (peso equivalente, acidez libre, humedad, cenizas, alcalinidad de las cenizas, hierro, calcio, grado de esterificación, contenido de metoxilo y contenido de ácido galacturónico) el mejor tratamiento de pectina obtenida de la cáscara de mango.
4. Elaborar mermelada a base de mango, utilizando como espesante natural la pectina extraída del mejor tratamiento.
5. Realizar un estudio de aceptación a nivel consumidor utilizando escalas hedónicas para la evaluación sensorial de la mermelada con el mejor tratamiento.

# **CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA**

## **1.1.ANTECEDENTES**

Nizama (2015), realizó una investigación sobre la obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao, y a partir de ello analizó el grado de gelificación de la pectina extraída en comparación con la pectina comercial en la elaboración de una mermelada a base de papaya y maracuyá. En este estudio se utilizó un diseño factorial  $2^3$  con dos repeticiones. Se tomaron como factores el pH (2 y 3), el tiempo (60 y 90 min) y el agente de extracción (ácido cítrico y ácido clorhídrico (HCl)). La variable respuesta fue el rendimiento (p/p). Para la evaluación sensorial de la mermelada se utilizó una escala hedónica de 5 puntos con 15 consumidores. El resultado con mayor rendimiento fue de 9.95/100 g utilizando ácido clorhídrico (HCl), con pH 2 durante 60 min; seguidamente un rendimiento de 9.41/100 g usando ácido cítrico con pH 2 en 90 min; demostrando que al utilizar ácido cítrico en la etapa de hidrólisis ácida se puede obtener similares rendimientos que al utilizar HCl. Los resultados de la evaluación sensorial aplicada para evaluar la textura de la mermelada elaborada con pectina de cáscara de cacao y la mermelada elaborada con pectina comercial, mostraron que no existía diferencia significativa entre ambos productos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la evaluación del color, siendo la mermelada con pectina comercial la de mayor aceptación por parte de los consumidores.

Cabarcas, Guerra y Henaó (2012), realizaron un estudio sobre la extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción. En dicho estudio se utilizó un diseño estadístico de Multi-factor Categórico con 50 g de cáscara de plátano como unidad experimental y con

dos repeticiones. Se consideró como factores el pH (1.5 y 3) y la temperatura de hidrólisis (60 y 80 °C), durante 60 minutos. Las variables respuestas fueron el rendimiento (p/p) y la calidad de pectina midiendo el contenido de humedad, cenizas, metoxilo, acidez libre, peso equivalente y el grado de esterificación, aplicando un análisis por espectroscopia de infrarrojo. El resultado de la extracción a pH 1,5 a 80 °C presentó una mayor composición en base seca (23,06 % p/p), con alto contenido cenizas, humedad y una coloración muy oscura. La pectina obtenida a pH 3,0 y temperatura 60 °C fue la de mejor calidad respecto a sus valores de humedad y contenido de cenizas, pero con bajo rendimiento. Los parámetros óptimas para un equilibrio entre rendimiento y calidad fue a pH de 1.5 en 60 °C, teniendo las características adecuadas (cenizas 1.3%, humedad 1%, coloración café claro) para ser utilizada en la industria de alimentos, con un rendimiento de 18.86 %. El resultado de la espectrometría de infrarrojo para la pectina con óptimas condiciones de equilibrio entre calidad y rendimiento, confirmó que es de gelificación rápida. Las pectinas evaluadas tuvieron bajo metoxilo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el contenido de metoxilo. Con referencia a las condiciones de laboratorio y al comportamiento de la pectina, se realizó el diseño general, diagrama y descripción detallada de los equipos del proceso de producción de pectina y un análisis económico general en base a los reactivos usados en el laboratorio.

Corona et al. (2012), realizaron una investigación sobre la extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. En este estudio se utilizó el análisis de varianza con un modelo bifactorial como diseño estadístico. Los factores tomados fueron el tiempo de extracción (30, 60 y 90 minutos) y el pH (2.0 y 3.0) a una temperatura constante entre 95 a 100 °C. Las variables respuestas fueron el rendimiento y la calidad de pectina. El resultado del mayor rendimiento fue de 13.60 % en base seca, realizada a parámetros de pH 3.0 y 90 minutos de calentamiento. El contenido de Ácido Anhidro Urónico (AUA) estuvo entre 60.66-71.65 % con un contenido de metoxilo entre 7.93-10.97 %, clasificándose como pectina de rápida gelificación, entre 1 y 10 min. La pectina de mejor calidad resultó ser la extraída a pH 3 y un tiempo de calentamiento de 30 min con un 71.65 % de AUA y un 10.17 % de metoxilo, lo cual la caracterizó como pectina de alto metoxilo.

Arellanes et al. (2011), realizaron una investigación sobre la obtención y caracterización de pectina de la cáscara del cambur manzano. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorio, con un arreglo factorial 2 x 2. La pectina se obtuvo por medio de hidrólisis ácida considerando como factores el agente de extracción (ácido cítrico y ácido clorhídrico) y el pH (2 y 3), en 60 min de calentamiento a 85 °C. Las variables respuestas fueron el rendimiento y la calidad de pectina. El mayor rendimiento de pectina, expresado en base seca fue de 16.14 %, empleando ácido cítrico como agente de extracción para un pH de 2.0. Esta pectina presentó el mayor contenido de AUA con un 94.38 %, con un tiempo de gelificación de 12.84 min, peso equivalente de 7210.6 g/e y contenido de metoxilo de 3.23 %. La pectina de mejor calidad resultó ser la extraída a pH 3 para el ácido clorhídrico, presentando un peso equivalente de 9944.3 g/e, contenido de AUA de 84.21 %, tiempo de gelificación 10.22 min y contenido de metoxilo de 3,73 %. En cuanto al contenido de metoxilo y viscosidad relativa no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) originadas por el pH para ambos agentes de extracción. Todos los extractos de pectina obtenidos fueron de bajo metoxilo.

Gamboa (2009), realizó una investigación sobre el aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas. Los datos se analizaron usando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 3 x 3, implicando tres repeticiones. Se utilizó el ácido cítrico anhidro como medio extractivo. Los factores evaluados fueron el pH (1.5, 2.0 y 2.5) y el tiempo de hidrólisis (40, 60 y 80 minutos), a una temperatura de 85 °C. La variable respuesta fue el rendimiento. Los resultados mostraron que el rendimiento de cáscaras de mangos procedentes del procesamiento industrial del mango, pueden alcanzar un 50 % del volumen total de mango procesado. El mayor rendimiento de pectina se obtuvo a pH 1,5 y un tiempo de hidrólisis de 80 minutos, lográndose 7.43 %, se determinó que a menor pH y mayor tiempo de hidrólisis se obtiene mayor rendimiento de pectina seca. El contenido de humedad fue 12 %, el contenido de metoxilo varió entre 9,81 y 26,35 %, por lo que se clasifican pectinas de alto contenido de metoxilo; el grado de esterificación varió de 77,64–98,73 %, por lo que corresponden a una pectina de alto grado de esterificación y de rápida gelificación. La acidez libre (meq de carboxilos libres/g), estuvo entre 0.05 y 0.46, donde la acidez libre tendió a aumentar a medida que el pH del medio de extracción

era menos ácido. Los pesos equivalentes obtenidos de las muestras analizadas fueron de 1098,99 y 9444,44 (mg/meq).

Rivadeneira (2009), realizó un estudio sobre la extracción de pectina líquida a partir de Maracuyá y su aplicación en el desarrollo de una mermelada de piña, para evaluar el grado de aceptación se dio a degustar a 30 consumidores habituales haciendo uso de una escala hedónica de 5 puntos. El diseño estadístico utilizado fue el diseño factorial  $3^2$ . Los parámetros utilizados para la extracción de pectina fueron: la relación materia prima:agua acidulada 1:3, la temperatura a 90 °C, pH en valor 3 y un tiempo de 80 minutos. Los factores considerados fueron el porcentaje de fruta (25, 50 y 75 %) y el porcentaje de extracto de pectina (25, 50 y 75 %), con una cantidad de azúcar constante al 45 %. La variable respuesta fue la aceptabilidad de las mermeladas. Dentro de los resultados las condiciones físicas de la pectina fueron agradables, con 7.8 % contenido de metoxilo y 262.1 ppm de ácido galacturónico determinando una pectina con alto grado de esterificación de 50 %, pero gelificación lenta y obteniendo un rendimiento del 36 %. Aplicando la pectina extraída a la mermelada, resultó que la mayor aceptación fue la conformada por 75 % de fruta y 25 % de extracto de pectina. Obteniendo como características fisicoquímicas de la mermelada: 65 °Brix, 2.9-3.2 de pH, color normal, olor y sabor característico a la fruta, textura espesa, gel blando.

Vásquez, Ruesga, D'addosio, Páez y Marín (2008), investigaron sobre la extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano. Se elaboró mermelada de manzana con la pectina extraída para evaluar sus propiedades organolépticas mediante una escala hedónica con un panel de 15 personas. El diseño experimental usado fue completamente aleatorizado con dos tratamientos y tres repeticiones. Se tomó como factor el pH (2 y 3) durante 60 minutos a 85 °C. La variable respuesta fue el rendimiento y la calidad de la pectina extraída, la cual se evaluó mediante el contenido de humedad, cenizas, ácido anhidrouónico y metoxilo, tiempo de gelificación, viscosidad relativa y espectroscopía de infrarrojo. Resultó que la extracción a pH 2 presentó la composición máxima en rendimiento en base seca (20,68 % m/m) y a pH 3 se obtuvo la pectina de mejor calidad (con un rendimiento de 7,65 % m/m), cuyos contenidos de ácido anhidrouónico y metoxilo fueron de 12,72 y 2,22 %, respectivamente, con un tiempo de gelificación de

9,43 minutos y mayor aceptación en la evaluación sensorial. Los resultados de la espectrometría de infrarrojo confirmaron que la pectina obtenida en ambas condiciones de pH es de bajo metoxilo. La pectina evaluada se clasifica de gelificación lenta de acuerdo al contenido de metoxilo y ácido anhidrouónico. La pectina obtenida a pH 3 posee características competitivas dentro de su tipo para ser destinada a la industria de alimentos.

Vargas y Gonzales (2002), realizaron un estudio sobre la extracción de pectina a partir de la cáscara de camu-camu. Para dicha investigación se utilizó la regresión lineal para la optimización del proceso. Se consideraron como variables el pH (1 a 3.2), el tiempo (20 a 110 min), la temperatura de hidrólisis (30 a 90 °C) y la relación carga de cáscara:agua (1/1 a 1/5) sobre la variable respuesta el rendimiento. Resultando ser óptimo y eficaz el proceso de extracción en 1:1.5 en la relación de cáscara: agua, durante 45 minutos, a 65 °C y en un pH 2. Se observó que a pH alto decrece el rendimiento y el pH muy bajo no permite la formación de la pectina, además se concluyó que a temperaturas altas se produce un rompimiento de cadenas de unidades de ácido galacturónico, lo que provoca la reducción del poder gelificante. En cuanto al tiempo de hidrólisis, la eficiencia baja en tiempos largos por la degradación de las sustancias pecticas, por otro lado a tiempos cortos la hidrólisis es incompleta. En la caracterización de la pectina resulto al 9.93 % de grupo de metoxilo clasificándose como pectina de alto metoxilo; el grado de esterificación encontrado fue de 66 %. Además, el proceso es económicamente factible por cuanto a los costos de producción son bajos, ya que la materia prima es un desecho industrial y el alcohol utilizado se recupera por destilación en un 80 %.

## 1.2. BASES TEÓRICAS

### 1.2.1. Mango “*Mangifera indica* L.”

El mango típico constituye un árbol de tamaño mediano, de 10-20 m de altura. El tronco es más o menos recto, cilíndrico y la corona es densa y ampliamente oval o globular. Es un cultivo perenne de floración estacional, cuyos árboles jóvenes inician su producción generalmente entre el tercer y cuarto año dependiendo de la variedad. El fruto es una drupa, de tamaño variable, su color va de amarillo hasta rojo o morado, pasando por distintos grados de coloración dependiendo de la variedad. La fruta tarda de 100 a 120 días, en términos generales, de floración a cosecha (Mora, Gamboa y Elizondo, 2002).

Es un cultivo permanente con cosechas anuales, tienen una vida útil promedio de 30 años, originaria de la India, producido en zonas bajas de clima tropical o subtropical, se consume como fruta fresca, conserva, jugos, mermeladas, encurtidos, etc., tiene un alto contenido de agua y vitaminas A y C. En la región Piura el mango de la variedad Edward es cosechado en los meses comprendidos de Octubre a Marzo (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR], 2003).

Tabla 1

*Clasificación taxonómica del mango*

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subdivisión	Magnoliophytina
Clase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Anacardaceae
Género	Mangifera
Especie	<i>Mangifera indica</i>

Fuente: Elaboración propia adaptado de Linnaeus (1753)

### 1.2.1.1. Variedades en el Perú

En el Perú se cultivan dos tipos de mango: las plantas francas (no injertadas y poliembriónicas), donde se encuentran el Criollo de Chulucanas, Chato de Ica y el Rosado de Ica, las cuales son orientadas principalmente a la producción de pulpa y jugos concentrados, y las variedades mejoradas (injertadas y monoembriónicas): Kent, Keitt, Haden, Tommy, Ataulfo, Edward y Criollo (MINCETUR, 2003).

### 1.2.1.2. Cáscara

La cáscara de mango representa del 7 % al 24 % (base húmeda) del peso total de la fruta. Esta variación en peso está influenciada por la variedad de mango que se trate (López, Sañudo, Aguilar, Rodríguez y Contreras, 2011).

Tabla 2

*Composición de la cáscara de mango*

Composición en macronutrientes (%)		Fibra dietética (%)	
Materia seca total	18.41	Fibra dietética soluble	4.23
Proteína	1.66	Fibra dietética insoluble	18.17
Extracto etéreo	1.87	Fibra dietética total	22.18
Ceniza	3.20	Lignina	4.71
Carbohidratos totales	93.27	Hemicelulosa	3.83
		Celulosa	7.79

*Fuente:* Elaboración propia a partir de los datos de Serna y Torres (2014)

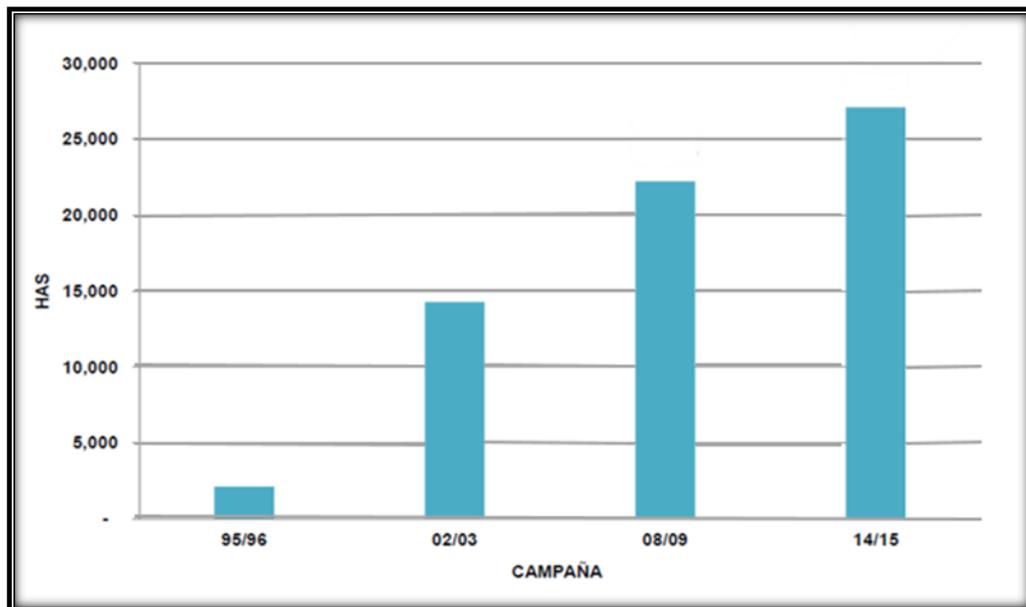
### 1.2.1.3. Dinámica nacional del mango

#### A. Superficie cosechada

Como se puede observar en la Figura 1, según el censo agrícola realizado entre diciembre 2007 y noviembre 2008 por el Ministerio de

Agricultura, con el apoyo del Banco Internacional de Desarrollo (BID) y de la Asociación Peruana de Productores y Exportadores de Mango (APEM), en lo que respecta al área sembrada de mango en las regiones de Piura, Lambayeque y Ancash el resultado fue 22,236 hectáreas (APEM, 2014) y de acuerdo con el último informe del Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2015), el área actual para las mismas tres regiones es de 27,120 hectáreas.

Las áreas sembradas de mango desde la campaña de 1995/1996 ha aumentado 6 veces más en la campaña del 2014/2015, llegando a una extensión de 27,120 hectáreas, lo que representa una gran oportunidad para aprovechar esta fruta y disponer de la misma para distintos procesos.



*Figura 1.* Evolución de las áreas sembradas de mango de 1995/1996 a 2014/2015.

*Fuente:* INEI (2015)

## **B. Producción nacional**

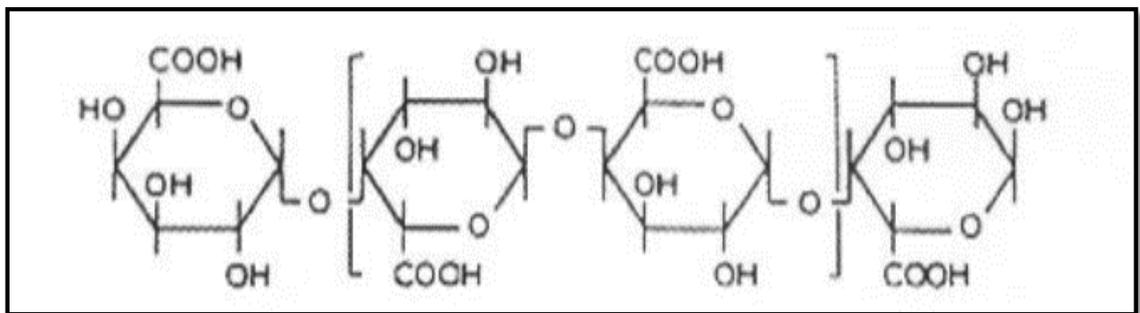
Según el INEI (2015), en febrero de 2015, la producción de mango fue 118,029 toneladas y aumentó en 64.8 % respecto al nivel registrado en febrero 2014 (71,639 toneladas). Este resultado se explica la mayor producción en los departamentos de Piura (159.8 %), Ica (110.7 %), Áncash (12.6 %) y Lima (7.9 %), los cuales representaron el 80.1 % de la producción total. De igual modo, aumentó en Junín (23.9 %), Huánuco (8.2 %) y Arequipa (1.3 %). Por el contrario, disminuyó en Cajamarca (-75.2 %), San Martín (-40.5 %), Lambayeque (-25.4 %), Ayacucho (-20.3 %), Amazonas (-20.1 %), Apurímac (-12.4 %), Cusco (-11.9 %), Loreto (-11.2 %) y La Libertad (-0.4 %).

El precio promedio en chacra por kilogramo de mango en el mes de enero del año 2015 fue de S/1.46; un 20.5 % menos que el precio alcanzado en diciembre del 2014 y significativamente más alto que el registrado en enero del 2014, que fue de apenas de S/0.42 (INEI, 2015).

### **1.2.2. Pectina**

La pectina fue descubierta en 1825 por Henri Braconnot. Su comercialización fue en 1908 de los residuos industriales del zumo de manzana en Alemania. En la actualidad, esta producción se sigue dando de la fabricación del zumo de manzana, incluyendo el de los restos industriales de los cítricos. Se han encontrado numerosas investigaciones sobre la técnica de extracción de pectina, en los cuales se alcanzado productos de distintos atributos, debido a sus características y sus probables aplicaciones que están relacionadas con el proceso de extracción (Cabarcas et al., 2012).

Las sustancias pécticas son mezclas complejas de polisacáridos que forman un tercio de la pared celular de las plantas dicotiledóneas y de algunas monocotiledóneas, menor proporción de estas sustancias se encuentran en las paredes celulares de las plantas herbáceas; la cadena principal que conforma la pectina puede contener regiones: “lisas” (Homogalacturonanos, HG) y regiones “ramificadas” (Ramnogalacturonanos, RGI). Como se muestra en la Figura 2, estructuralmente la pectina es un polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas  $\alpha$  (1-4) de ácido D-galacturónico las que unidas constituyen el ácido poligalacturónico (Alfonso, 2010).



*Figura 2.* Estructura química del ácido poligalacturónico

*Fuente:* Alfonso (2010)

### 1.2.2.1. Clasificación de sustancias pécticas

#### A. Protopectinas

Sustancias pécticas que se ubican en los tejidos vegetales extraíbles con soluciones alcalinas o ácidos diluidos en caliente, presentan una estructura de la molécula similar pero con un alto contenido de azúcares neutros, principalmente galactosa y arabinosa, son insolubles en agua y de las cuales posteriormente se forman las sustancias pécticas solubles (Gamboa, 2009).

#### B. Ácido péctico

Son galacturonatos que no poseen grupos carboxílicos esterificados. También se les denomina ácidos poligalacturónicos, a las sales que lo

conforman se les llama pectatos o ácidos poligalacturonatos, reaccionan fácilmente con los iones calcio de las células para producir compuestos insolubles, además de dar un precipitado visible en la separación de fases (o abanderamiento en los néctares) (Cabarcas et al., 2012).

### **C. Ácidos pectínicos**

Son ácidos poligalacturónicos con cantidades variables de grupos metilos esterificados. Las sales de los ácidos pectínicos, son denominadas pectinatos. Tienen la propiedad de formar geles con azúcares, ácidos y cuando los contenidos de metilo son muy bajos tienden a formar geles con sales de calcio (Gamboa, 2009).

### **D. Pectina**

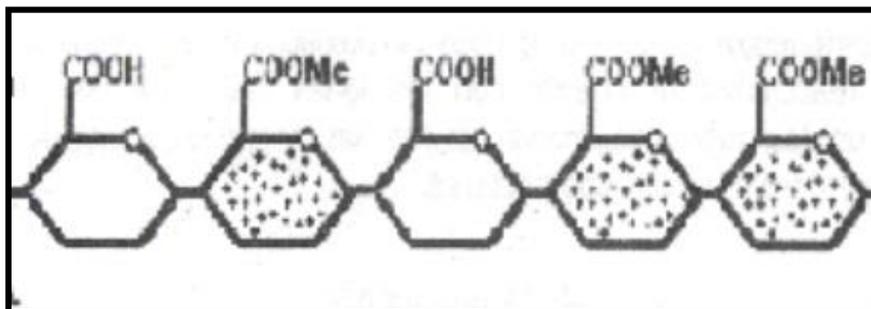
Es el ácido pectínico, que sometido al agua caliente se divide, por medio de un compuesto orgánico de alcohol. Su atributo fundamental es la gelificación en un medio con azúcar, ácidos o iones polivalentes (Cabarcas et al., 2012).

#### **1.2.2.2. Clasificación de la pectina**

##### **A. Pectinas de alto metoxilo**

Son las pectinas que tienen más del 50 % de los grupos carboxilos del ácido galacturónico del polímero esterificado con metanol, tal como lo muestra la Figura 3. El grado de esterificación afecta en sus características, principalmente en la temperatura que son directamente proporcional. Las pectinas bajo este atributo se gelifican entre 2.8 y 3.5 de pH, en un nivel de azúcar de 60 % a 70 %. Estas se pueden separar en dos: pectinas de gelificación rápida (en un tiempo de 5 min y con 68 % a 75 % de esterificación) y pectinas de gelificación lenta

(en un tiempo más de 5 min y con 60 % a 68 % de esterificación)  
(Cabarcas et al., 2012).

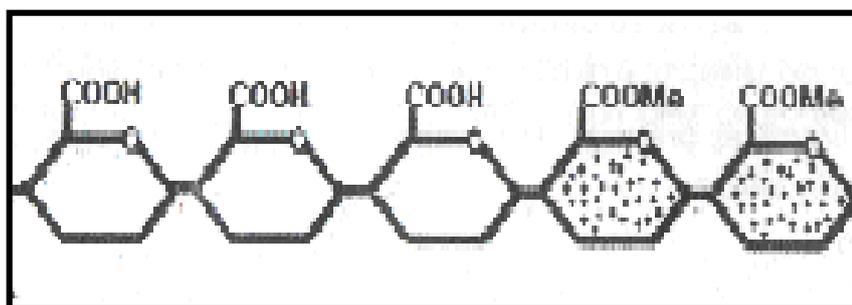


*Figura 3.* Estructura de pectina de alto grado de metoxilo.

*Fuente:* Cabarcas et al. (2012)

## **B. Pectina de bajo metoxilo**

Son aquellas en las cuales menos del 50 % de los grupos hidroxilo están esterificados con metanol como se ilustra en la Figura 4. Para su gelificación necesitan de cationes divalentes, como el calcio (que es más utilizado). La gelificación se da al formar de enlaces de estos cationes con moléculas de pectina, dando una red de tres dimensiones con los grupos carboxilo de ésta. Las pectinas con esta característica se da a un pH entre 1 y 7; el cual no interviene en su textura ni en el grado de azúcar y oscilan de 0 a 80 %; y la utilización del calcio (40 a 100 mg) causa dominancia en la gelificación (Cabarcas et al., 2012).



*Figura 4.* Estructura de pectina de bajo grado de metoxilo.

*Fuente:* Cabarcas et al. (2012).

### **1.2.2.3. Propiedades fisicoquímicas de las sustancias pécticas**

#### **A. Solubilidad en agua**

El agua diluye las pectinas, sin embargo en solventes orgánicos, en detergentes cuaternarios, polímeros y cationes polivalentes no lo diluye; los antes mencionados son utilizados para su precipitación de las soluciones hidrolizadas por proceso de la materia prima (Cabarcas et al., 2012).

#### **B. Viscosidad**

La viscosidad de las pectinas de alto grado de esterificación depende de un número de variables tales como: grado de esterificación, longitud de la molécula, concentración de electrólitos, pH y temperatura (Gamboa, 2009).

#### **C. Peso molecular:**

El peso molecular de la pectina está muy relacionado con la longitud que tenga la cadena, y varía dependiendo de la fuente de origen y de las condiciones de este constituye una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en el proceso de gelificación, sin embargo la determinación precisa del peso molecular es muy difícil y costosa, debido a la heterogeneidad que tienden a presentar las muestras y parcialmente debido a la tendencia que tienen las pectinas a agregarse, aún bajo condiciones no favorables para la gelación. Los pesos moleculares de las pectinas y su distribución por viscosimetría varían entre 20,000 a 30,000 (g/mol) (Gamboa, 2009).

## **D. Acidez**

El pH de las pectinas naturales es de 7, según el medio y nivel de esterificación llegan a una acidez de 2.8 a 3.4. “La pectina tiene una constante de disociación de  $0.1$  a  $10 \times 10^{-4}$  a una temperatura de  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ ” (Cabarcas et al., 2012).

## **E. Gelificación**

Los geles consisten en moléculas poliméricas con enlaces entrecruzados que dan forma a una red interconectada y tupida inmersa en un líquido. Las propiedades que adquiere el gel serán el resultado de interacciones complejas entre el soluto y el solvente. Los factores del medio más importante que condicionan la formación de un gel son: la temperatura, pH, el azúcar y otros solutos, y los iones de calcio. Las pectinas de altos contenidos de metoxilo, tienen la facilidad de formar geles con azúcar y adecuada proporción de ácido; por lo que se les denominan geles de baja actividad de agua o geles de azúcar-ácido y pectina. De tal manera, que un gel es considerado como se mencionó una red bidimensional de moléculas de pectina en donde el solvente (agua) con los solutos (ácido y azúcar) quedan inmovilizados. Esto resulta en un sistema resistente a deformaciones y generando una relación de fuerza tirante para pequeñas deformaciones (Gamboa, 2009).

### **1.2.2.4. Métodos de extracción de pectina**

#### **A. Método de precipitación con solventes orgánicos**

Este método es el más utilizado porque permite la recuperación del solvente para ser reusado, los solventes utilizados para la precipitación de la pectina son el alcohol, y sus variedades, unos más eficientes que

otros, también se usa la acetona, con sus limitaciones por la suciedad que da en el proceso (Vargas & Gonzales, 2002).

### **B. Precipitación con sales metálicas**

Es un método alternativo, usando el calcio o cloruro de aluminio; métodos recientes involucran sales de cobre, níquel, hierro y la remoción de estos iones, mediante con alcohol acidulado o resinas. El inconveniente que se presenta en este método es la remoción de los cationes en el producto final, que resulta dificultosa (Vargas & Gonzales, 2002).

### **C. Método de electrodecantación**

Este método se fundamenta en la migración de las moléculas de pectina hacia el cátodo y la presencia de iones cobre en el sistema con la consecuente precipitación. Se usa una cuba con cátodo de acero y ánodo de cobre electrolítico, una fuente de corriente continua de potencial variable; el pH y el potencial son los principales parámetros (Vargas & Gonzales, 2002).

## **1.2.2.5. Usos y aplicaciones**

### **A. Industria alimentaria**

La pectina es el producto principal en la industria alimentaria, por ser rica en fibra dietética y por su capacidad gelificante; utilizada en distintos productos para dar la apariencia y textura deseada (como en compotas, jaleas, salsas, ketchup, mayonesas, confites), utilizada también en productos lácteos y bebidas dietéticas (como estabilizante y aumentar la viscosidad) (Chasquibol et al., 2008).

## **B. Industria farmacéutica**

Las pectinas son utilizadas para las preparaciones de medicamentos como antidiarreico, desintoxicantes y protector de las drogas encapsuladas, como agentes absorbentes de lipoproteínas y actualmente existen investigaciones en su aplicación como membranas biopoliméricas cicatrizantes; reduce la intolerancia a la glucosa en diabéticos e incluso baja el nivel del colesterol sanguíneo y de la fracción lipoproteica de baja densidad; asimismo, ayuda en la inhibición potencial del cáncer y su metástasis (Chasquibol et al., 2008).

## **C. Industria cosmética**

En la industria cosmética, la pectina es empleada en las formulaciones de pastas dentales, ungüentos, aceites, cremas, desodorantes, tónicos capilares, lociones de baño y champú, por sus propiedades suavizantes y estabilizantes (Chasquibol et al., 2008).

## **D. Otros**

Las pectinas también son utilizadas en la fabricación de plásticos, productos espumantes, productos clarificantes y aglutinantes, productos absorbentes, también en la fábrica de tabacos (como pegamento natural), en la microbiología (preparación de medios y agares), en la agricultura (conservación de suelos) y en la alimentación animal (Chasquibol et al., 2008).

### **1.2.3. Mermelada**

Producto de consistencia pastosa o gelatinosa, obtenido por acción y concentración apropiada de frutas sanas, limpias y adecuadamente preparadas, adicionadas de edulcorantes, ácido y pectina, con o sin adición de agua. Existen

mermeladas de prácticamente todos los tipos de frutas, aunque también se pueden elaborar con hortalizas. Una buena mermelada debe presentar un color vivo, olor y sabor frescos, tiene que haber cuajado adecuadamente (Usca, 2011).

### **1.2.3.1.Materia prima**

#### **A. Fruta**

La fruta son especies vivas que siguen respirando después de la cosecha, es decir, absorben oxígeno y expelen bióxido de carbono. El estado de madurez de las frutas es importante para obtener un producto con las características deseadas. La cosecha de éstas debe efectuarse en el momento adecuado. Una recolección en una época inadecuada favorece el desarrollo de anomalías que son perjudiciales para el procesamiento y conservación del producto (Usca, 2011).

#### **B. Azúcar**

El azúcar es empleado para dar el dulzor adecuado a la mermelada, influyendo en el tiempo que demora para concentrar el producto final; la concentración de azúcar se mide con un refractómetro. En el producto hay dos tipos de azúcar, el aporte propio de la fruta que contribuye a mejorar y resaltar el sabor y aroma; y el azúcar comercial que se emplea para dar el dulzor característico y favorecer la conservación de la mermelada. Existe gran variedad, en este tipo: azúcar blanca refinada (lo recomendable), azúcar rubia, chancaca, miel de abeja, miel de caña.; entre otros. Cuando el azúcar se calienta en solución en un medio ácido, durante cierto tiempo, la molécula de sacarosa es hidrolizada en sus componentes: este proceso es llamado inversión del azúcar. En la elaboración de mermeladas ocurre la inversión del azúcar en determinados porcentajes que depende de las condiciones del proceso; una inversión hasta del 30 % es favorable, pues reduce la posibilidad de cristalización del azúcar (Usca, 2011).

### **C. Pectina**

La pectina es el agente gelificante de las mermeladas: contribuye a dar la consistencia adecuada al producto final, cuando el azúcar, el ácido y el agua se encuentran en las proporciones adecuadas (Usca, 2011). La cantidad de pectina a usar es variable según el poder gelificante de ésta y la fruta que se emplea en la elaboración de la mermelada (Coronado & Hilario, 2001).

### **D. Ácido cítrico**

Las frutas contienen ciertos grados de acides de acuerdo a su maduración, varia también con la variedad de la fruta. En las mermeladas, la acción conservadora del azúcar es complementada por niveles altos de acidez, que determinan valores de pH entre 3.0 y 3.5 en el producto terminado; en este rango de pH, la mayoría de microorganismos no puede desarrollar y son menos resistentes al calor, siendo esta la razón por la que los productos ácidos se esterilizan con tratamientos térmicos leves (Usca, 2011). El ácido cítrico es importante para conferir brillo al color de la mermelada, mejora el sabor, ayuda a evitar la cristalización del azúcar y prolonga su tiempo de vida útil. La cantidad que se emplea de ácido cítrico varía entre 0.15 % y 0.2 % del peso total de la mermelada (Coronado & Hilario, 2001).

### **E. Conservantes**

Los conservantes son sustancias que se añaden a los alimentos para prevenir su deterioro, evitando de esta manera el desarrollo de microorganismos, principalmente hongos y levaduras. Los conservantes químicos más usados son el sorbato de potasio y el benzoato de sodio (Coronado & Hilario, 2001).

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1.LUGAR DE EJECUCIÓN**

La investigación se realizó en el laboratorio general de ciencias básicas y en el taller de procesamiento agroindustrial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae (UCSS), con sede en la ciudad de Chulucanas. Geográficamente ubicado en el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón región Piura en las coordenadas de 5°05'33" de Latitud Sur y 80°09'44" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altitud de 92 m.s.n.m.

### **2.2.MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **2.2.1. Materia prima**

- Mango variedad Edward semiverde (kg).
- Azúcar blanca (kg)
- Pectina (g)

#### **2.2.2. Materiales**

- Vaso precipitado de 50 ml, 250 ml y 500 ml
- Bureta de 50 ml
- Embudo Buchmer
- Mortero de porcelana
- Matraz de 250 ml y 500 ml
- Placas Petri
- Vidrio de reloj
- Crisol
- Probeta 100 ml

- Fiolas de 50 ml.
- Soporte universal
- Tabla de picar
- Cuchillos
- Cuchara de madera
- Cucharas de acero inoxidable
- Fuentes
- Espátula
- Papel de aluminio
- Bolsas de polietileno de alta densidad
- Envase de plástico
- Tela organza
- Equipo de protección personal: guantes quirúrgicos talla 7.5, guardapolvo, tapaboca y toca
- Mechero

### **2.2.3. Equipos**

- Balanza analítica marca ADAM NIMBUS.
- Balanza digital modelo SF-400: 0 a 500 gr.
- Estufa modelo DHG-9030A, Rango de temperatura: 10 a 250 °C.
- Termómetro: Rango de -50 a 300 °C.
- Selladora eléctrica modelo KF-300 H.
- Refractómetro portátil (20 °C) de rango 0 a 80 °Brix.
- PHmetro marca HANNA
- Cronometro digital
- Cocina industrial de gas
- Mufla marca THERMO SCIENTIFIC

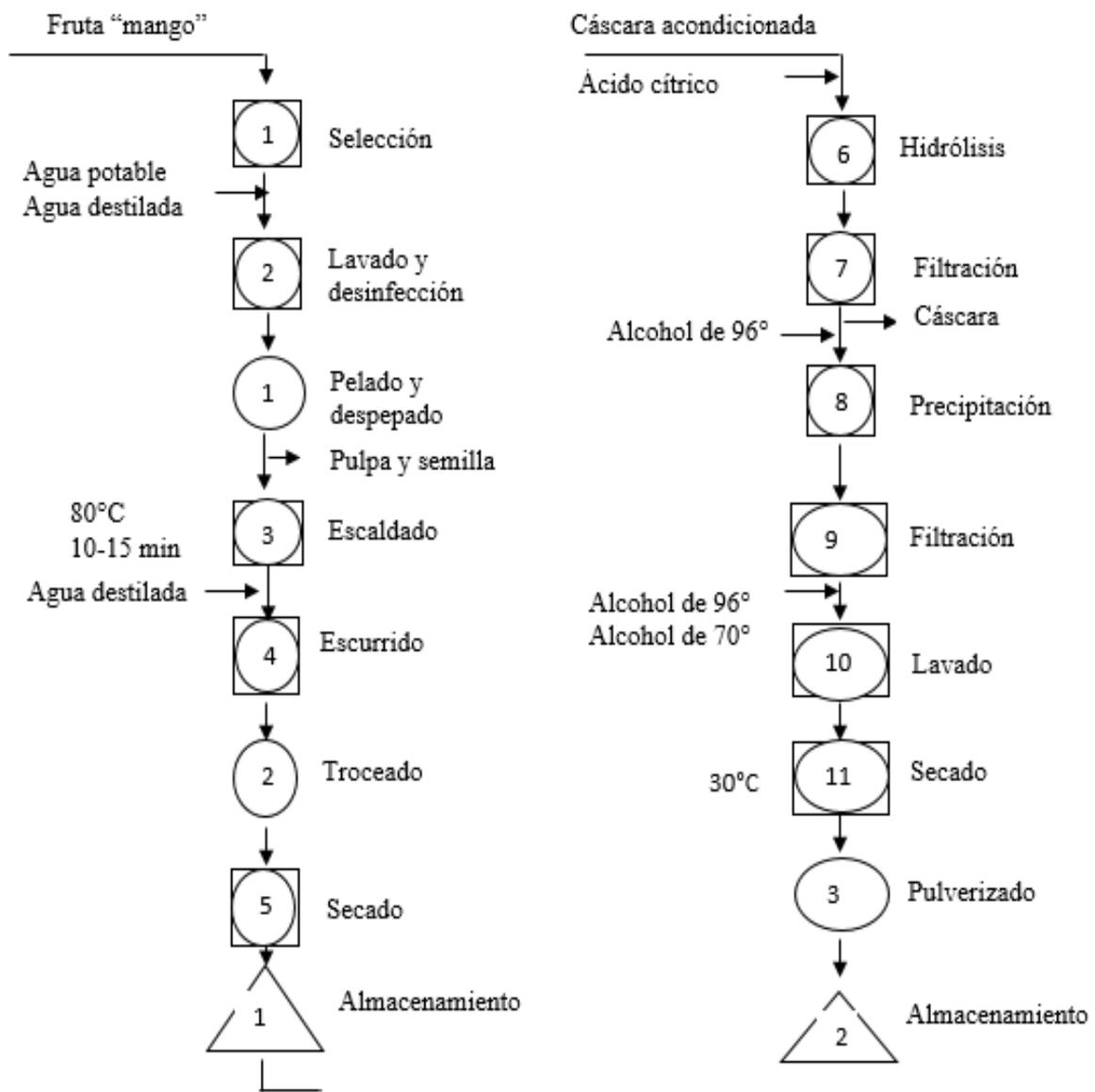
### **2.2.4. Reactivos**

- Agua destilada
- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 Normal.

- Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.5 Normal
- Fenolftaleína (indicador)
- Ácido cítrico
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Alcohol de 60° y 70°

### **2.3.METODOLOGÍA**

Para el procedimiento se llevó a cabo el acondicionamiento de la fruta y demás insumos, y después las operaciones para la extracción de pectina, estos procesos se engloban en el diagrama de operaciones mostrado en la Figura 5, que posterior al análisis estadístico se elige el mejor tratamiento para ser caracterizado fisicoquímicamente y por último ser aplicado en la elaboración de mermelada de mango y someterlo a un análisis sensorial con consumidores usuales.



Descripción	Símbolo	Cantidad
Operación	○	3
Operación e inspección	◻	11
Almacenamiento	△	2

Figura 5. Diagrama de proceso para la extracción de pectina de mango variedad Edward

Fuente: Elaboración propia

## 2.3.1. Acondicionamiento

### 2.3.1.1.Recepción

La fruta recepcionada fue en estado semimaduro, para esto se utilizó una tabla indicando el grado de madurez del mango por medio de los grados Brix (Tabla 8, Apéndice 1). El ácido cítrico se mostró en buenas condiciones, para eso se verificó su ficha técnica (Apéndice 2) y que éste estuviera herméticamente sellado. El alcohol etílico utilizado fue de 96° y el alcohol de 70° corroborando su sello de seguridad. Las características fisicoquímicas del mango de la variedad Edward utilizado en la investigación se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

*Características fisicoquímicas del mango Edward utilizado*

<b>Propiedad</b>	<b>Resultado</b>
Estado	Semimaduro
°Brix	7.2
Peso	300 g
Tamaño	17 cm

*Fuente:* Elaboración propia

### 2.3.1.2.Lavado

La fruta pasó a lavarse con agua potable y posteriormente con agua destilada, con el fin de quitar las impurezas que se encuentran adheridas a la cáscara.

### 2.3.1.3.Pelado y despepado

Esta operación consistió en separar la cáscara y semilla de la pulpa, ya que la pectina se encuentra en la cáscara, la cual se utilizó para el proceso de extracción.

#### **2.3.1.4.Escaldado**

Con el fin de inactivar enzimas, prevenir la descomposición y fermentación, la cáscara fue escaldada durante 10 minutos a una temperatura de 80 °C (Gamboa, 2009).

#### **2.3.1.5.Escurrido**

Mediante una tela filtro de color blanco (organza) se separó el sólido (la cáscara) del agua. Se enjuagó la cáscara varias veces con agua destilada, para eliminar los azúcares y flavonoides, efectuándose lavados intermedios a temperatura ambiente, hasta conseguir que la concentración de sólidos solubles en la fase acuosa sea aproximadamente 0 °Brix, utilizándose el refractómetro en el agua de lavado. El objetivo de esa operación utilizando agua destilada fue para eliminar sustancias solubles (Gamboa, 2009).

#### **2.3.1.6.Troceado**

La cáscara se cortó en pequeños trozos para que facilite el secado del producto, se realizó en forma manual.

#### **2.3.1.7.Secado**

Con el fin de mantener la cáscara apta para el proceso, sin importar el tiempo de almacenado se sometió a un secado en estufa a 60 °C durante 4 horas.

#### **2.3.1.8.Almacenado**

La cáscara fue envasada en bolsas de polietileno y selladas al vacío, se almacenó en un ambiente seco, a temperaturas de 25 °C y 30 °C.

## **2.3.2. Extracción de pectina**

### **2.3.2.1. Hidrólisis ácida**

Esta etapa fue la más importante de todo el proceso en la extracción de pectina, debido a que de ésta depende en gran medida el rendimiento y la calidad del producto. El proceso se realizó con ácido cítrico diluido en agua destilada, como agente acidulante, que con adición de calor convirtió la protopectina en pectina soluble. Se ajustó el pH con los valores establecidos (1.5 y 3). El ácido cítrico fue diluido para cada rango de pH en la proporción 1:3 de la muestra; es decir, una parte de cáscara por tres de agua acidulada en volumen. Cada muestra estuvo compuesta por 100 g de cáscara y 300 ml de agua destilada, a las temperaturas propuestas (60 y 85 °C) y en los tiempos establecidos (60 y 80 minutos).

### **2.3.2.2. Filtración**

Obtenido el extracto péctico se filtró con el fin de separar la cáscara de éste. Para lo cual se empleó tela organza, vertiendo lentamente la mezcla hidrolizada sobre la tela.

### **2.3.2.3. Precipitación**

Antes de iniciado la precipitación, el extracto péctico y el alcohol fueron enfriados, puesto que el alcohol remueve todos los constituyentes solubles tales como la materia prima, colorante, los ácidos esenciales, azúcares, etc. Además, el etanol es una sustancia no tóxica y es posible recuperarlo de la solución por técnicas como la destilación para reutilizarla (Gamboa, 2009). La precipitación se logró por adición de alcohol etílico de 96° en una relación 1:1 (v/v) y se dejó reposar por 24 horas aproximadamente para la formación del coágulo de las pectinas que son insolubles en el alcohol.

#### **2.3.2.4.Filtración**

Después de obtener el coágulo, se procedió a filtrar con tela organza, quedando el coágulo suspendido en la parte superior del vaso precipitado.

#### **2.3.2.5.Lavado**

Al filtrado se le agregó alcohol de 96° para un primer lavado y el segundo se hizo con alcohol de 70° para después re-filtrar y escurrir para eliminar la mayor cantidad de solución del coágulo de pectina insoluble en alcohol (Gamboa, 2009).

#### **2.3.2.6.Secado**

Se procedió a secar en la estufa a 30 °C hasta obtener un peso constante. Al ser retiradas de la estufa, se dejó reposar para posteriormente registrar el peso de la muestra de pectina seca insoluble en alcohol, con la finalidad de reportar los valores de porcentaje de pectina extraída (Gamboa, 2009).

#### **2.3.2.7.Pulverizado**

La pectina extraída se pulverizó usando mortero, la operación consistió en macerar cuidadosamente el producto y obtener partículas más pequeñas, luego fue cernido sobre la tela organza para obtener el producto más fino.

#### **2.3.2.8.Almacenamiento**

La pectina extraída en polvo fue almacenado en placas Petri a temperatura ambiente para pasar a su evaluación.

### **2.3.3. Evaluación y caracterización de la pectina extraída**

Al obtener la pectina de la cáscara de mango variedad Edward se procedió a evaluar según los siguientes parámetros:

#### **2.3.3.1. Rendimiento**

Los rendimientos reportados fueron calculados en base seca, a todas las muestras, para esto se utilizó la siguiente fórmula (Nizama, 2015):

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{g de pectina obtenida}}{\text{g de cáscara}} \times 100$$

#### **2.3.3.2. Pectina total**

El análisis de pectina total se realizó por el método gravimétrico y espectrofotométrico del ácido anhidrouónico a 532 nm.

#### **2.3.3.3. Pectina**

La pectina considerada como la mejor, se evaluó por los siguientes parámetros para su caracterización fisicoquímica:

##### **A. Peso Equivalente y acidez libre**

Para la determinación del peso equivalente por titulación y de la acidez libre se empleó la técnica de Owens (1948):

- Se pesó en un vidrio de reloj pequeño 500 mg la sustancia péctica,
- Se trasladó cuantitativamente a un erlenmeyer de 250 ml, con la ayuda de unos 5 ml de alcohol de 96° para humedecerla.
- Se agregó 100 ml de agua recientemente destilada y fría.
- Se realizó la titulación.

- Se aplicaron las siguientes fórmulas:

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{\text{peso de la muestra (mg)}}{\text{meq. de hidróxido de sodio}}$$

$$\text{Acidez Libre} = \frac{\text{meq. de carboxilos libres}}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

Es decir:

$$\text{Acidez Libre} = \frac{N \times \text{Vol. de soda (ml)}}{\text{peso de la muestra (g)}}$$

## **B. Humedad (%)**

En el cálculo de la humedad se utilizó una fórmula dada por Vargas y Gonzales (2002), haciendo lo siguiente:

- Se pesó aproximadamente 5 g de muestra en las placas Petri, previamente desecadas y taradas.
- Se extendió el producto en el fondo de la placa para que ocupe la mayor superficie posible.
- Se llevó a estufa a  $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$  durante 4 horas. Las placas fueron destapadas.
- Después de ese tiempo, se procedió a tapan la placa y retirar de la estufa.
- Se dejó enfriar por 30 min y se tomó el peso.
- Se repitió la operación hasta llegar a un peso constante, es decir que entre dos pesadas sucesivas no excedan de 2 mg.
- Se aplicó la fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

### **C. Cenizas**

Se utilizó la metodología de Vargas y Gonzales (2002):

- Se pesó 2 g de la muestra homogenizada en un crisol previamente tarado y deshumedecido.
- El crisol y su contenido se calcinaron en un mechero, primero sobre una llama baja, evitando en lo posible la formación excesiva de hollín, hasta que se carbonice.
- Luego se llevó a una mufla a 550 °C durante 3 horas. Previamente, al cumplirse los primeros 30 minutos de calcinación, se secó el crisol y se dejó enfriar, con el disgregador se rompió las partículas incineradas en forma uniforme y cuidadosamente, se introdujo de nuevo el crisol en la mufla y completar la calcinación durante el tiempo antes dicho.
- Transcurrido el tiempo requerido, se sacó el crisol, se colocó en un desecador y se dejó enfriar a temperatura ambiente, y luego se pasó a pesar.
- Se aplicó la siguiente formula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{peso de la ceniza}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

### **D. Determinación de la alcalinidad de las cenizas**

Se determinó por titulación, por retroceso del ácido clorhídrico empleado en la neutralización de los carbonatos.

### **E. Determinación de Hierro y calcio**

Se realizó por método gravimétrico y espectrofotométrico del ácido anhidrouónico a 332 nm.

## **F. Grado de Esterificación (%)**

Se realizó por método gravimétrico y espectrofotométrico del ácido anhidrourónico a 332 nm.

## **G. Contenido de metoxilo en el producto (%)**

Descrito por Vargas y Gonzales (2002), el contenido de metoxilo se calcula de la siguiente manera:

- Se colocó 2.5 g de pectina en un Erlenmeyer de 250 ml, se añadió 5 ml de HCl y 100 ml de etanol al 60°, luego se agitó por 10 minutos.
- Se filtró la suspensión y se lavó con etanol al 60° hasta que el filtrado estuvo libre de cloruros. Al final se hizo un lavado con 20 ml de etanol.
- Se secó en una estufa durante 1 hora a 105 °C, se dejó enfriar y luego se pesó.
- Se transfirió exactamente una décima del total del peso neto de la muestra seca (equivalente a 500 mg de la muestra original), a un matraz de 250 ml. Luego se humedeció con 2 ml de alcohol etílico.
- Se pasó a tapar y agitar enérgicamente hasta que la pectina este disuelta completamente.
- Se adicionó 5 gotas de fenolftaleína.
- Se tituló con NaOH 0.5 N (solución valorada), hasta que el color rosado tenue persista. Se anotaron los resultados como gasto inicial (título inicial).
- Se adicionó 20 ml de NaOH 0.5 N, se agitó vigorosamente y se dejó en reposo por 15 minutos.
- Se agregó 20 ml de HCL 0.5 N, y se agitó hasta desaparecer el color rosado.

- Se tituló con NaOH 0.5 N hasta que persista el color rosado, luego de una agitación vigorosa. Se anotó el gasto como título de saponificación.
- Cada ml de NaOH 0.5 N usado en la titulación de saponificación, equivale a 15.52 mg de grupo METOXILO.
- Se aplicó la siguiente formula:

$$\%CM = \frac{v \text{ en ml de NaOH} \times 15.52}{\text{muestra inicial}} \times 100$$

#### H. Contenido de ácido galacturónico (%)

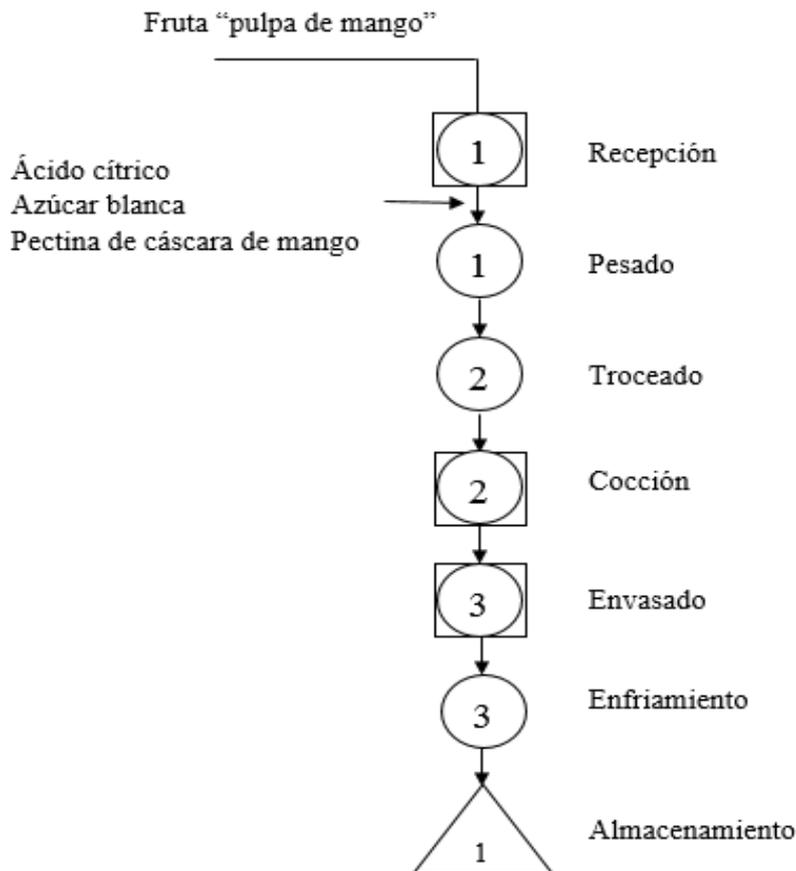
Según Vargas y Gonzales (2002), cada ml de NaOH 0.5 % usado en la titulación total para el análisis del Metoxilo (título inicial + título de saponificación), es equivalente a 97.07 mg de ácido galacturónico. Se procedió a aplicar la siguiente fórmula:

$$\%AG = \frac{(Ti + Ts) \times 97.07}{\text{muestra inicial}} \times 100$$

Dónde:           Ti: título inicial  
                       Ts: título de saponificación

#### 2.3.4. Aplicación de la pectina a la elaboración de la mermelada

La elaboración de la mermelada se muestra mediante un diagrama de proceso en la Figura 6; esta se elaboró con mango de variedad criollo y se aplicó la pectina extraído de la cáscara de mango variedad Edward.



Descripción	Símbolo	Cantidad
Operación	○	3
Operación e inspección	◻	3
Almacenamiento	△	1

*Figura 6.* Diagrama de proceso para la elaboración de mermelada con la pectina extraída del mejor tratamiento.

*Fuente:* Elaboración propia.

#### **2.3.4.1.Recepción**

La pulpa de mango utilizada para la elaboración de mermelada fue de la variedad Criolla de Chulucanas, la cual se verificó que estuviera en el punto de madurez adecuado para su elaboración, tomando en cuenta los grados brix.

#### **2.3.4.2.Pesado**

Esta operación fue importante para poder determinar el rendimiento total, y sobre todo para calcular la cantidad de los demás ingredientes que se añadieron posteriormente. Los parámetros utilizados fueron: relación pulpa-azúcar 1:1, 10 % de pectina y 0.5 % de ácido cítrico sobre el producto final, Para 1/2 kg de mermelada a preparar se pesó 250 g de fruta y 250 g de azúcar blanca; 0.13 g de ácido cítrico y 2.5 g de la pectina obtenida.

#### **2.3.4.3.Troceado**

La fruta fue cortada en pequeños trozos para facilitar la cocción.

#### **2.3.4.4.Cocción**

En esta operación, el tiempo depende de la fruta, su variedad y textura, hasta que alcance los grados brix. El azúcar se añadió en dos partes de forma de hilo fino para que no se haga grumos y evitar que se adhiriera a la olla, se añadió el ácido cítrico, batiendo lentamente. La adición de pectina se mezcló con el resto del azúcar, evitando los grumos. La cocción finalizó cuando se obtuvo el porcentaje de sólidos solubles deseados, llegando a 68 °brix.

#### **2.3.4.5. Envasado**

Después de que esté listo el producto se pasó al llenado de la mermelada en envases de plástico.

#### **2.3.4.6. Enfriamiento**

Después de envasada la mermelada se dejó enfriar para poder tapar los envases.

#### **2.3.4.7. Almacenamiento**

Los envases de mermelada se almacenaron a temperatura ambiente para después hacer el análisis organoléptico.

### **2.3.5. Evaluación sensorial de la mermelada**

La evaluación sensorial se realizó con la finalidad de ver el nivel de aceptabilidad del producto. Se evaluó a través de una escala hedónica de 9 puntos: la aceptación del color, sabor, olor y textura de la mermelada. En el estudio participaron 40 consumidores usuales, varones y mujeres; entre ellos alumnos de la facultad de ingeniería agroindustrial y de biocomercio de la UCSS.

### **2.3.6. Diseño experimental y análisis estadístico**

El diseño experimental que se utilizó en la presente investigación fue el diseño completamente al azar (DCA) con dos repeticiones, con un arreglo factorial  $2^3$  obteniendo 8 tratamientos para cada repetición, con un total de 24 unidades experimentales. En el cual se hizo un análisis de varianza y la prueba de Fisher, comprendiendo la varianza de tratamientos y la varianza de error que permitió determinar el grado de significancia entre los tratamientos.

El análisis de los resultados experimentales se realizó a través de un modelo ANOVA para todos los tratamientos respecto al análisis de pectina total. Para analizar las comparaciones múltiples entre los tratamientos se realizó un post hoc, y la prueba de tukey. Todas las pruebas estadísticas se realizaron a  $p=5\%$  de nivel de significación. Se utilizó también el análisis de medias con pruebas T independientes para la comparación de significancia entre los tratamientos.

Los datos sensoriales se evaluaron a través de un análisis estadístico descriptivo: el nivel de frecuencias; considerando el grado de aceptabilidad de los consumidores de acuerdo a una escala hedónica de nueve puntos. Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS (Statistical Product and Service Solutions), versión 23.

Tabla 4

*Diseño experimental para la extracción de pectina*

Tratamientos	Descripción
T1	pH: 1.5 – 80 min – 60°C
T2	pH: 1.5 – 80 min – 85°C
T3	pH: 1.5 – 60 min – 60°C
T4	pH: 1.5 – 60 min – 85°C
T5	pH: 3 – 80 min – 85°C
T6	pH: 3 – 80 min – 60°C
T7	pH: 3 – 60 min – 60°C
T8	pH: 3 – 60 min – 85°C

*Fuente:* Elaboración propia

## CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1.RESULTADOS

En la presente investigación se logró obtener pectina a partir de la cáscara de mango de variedad Edward, por lo que se puede decir que se cumplió el objetivo general, y por ende se cumplieron los objetivos específicos.

#### 3.1.1. Pectina

##### 3.1.1.1.Rendimiento

Los resultados de los porcentajes de pectina se muestran en la Tabla 5 por cada tratamiento.

Tabla 5

*Rendimientos de pectina*

Tratamientos	Descripción	Rendimiento (%)
T1	pH: 1.5 – 60 min – 85°C	2.20
T2	pH: 1.5 – 80 min – 85°C	2.26
T3	pH: 1.5 – 60 min – 60°C	1.00
T4	pH: 1.5 – 80 min – 85°C	0.95
T5	pH: 3 – 80 min – 85°C	1.06
T6	pH: 3 – 80 min – 60°C	0.50
T7	pH: 3 – 60 min – 60°C	0.20
T8	pH: 3 – 60 min – 85°C	0.24

*Fuente:* Elaboración propia

Para una mejor visualización entre los porcentajes de pectina, los datos se muestran en la Figura 7.

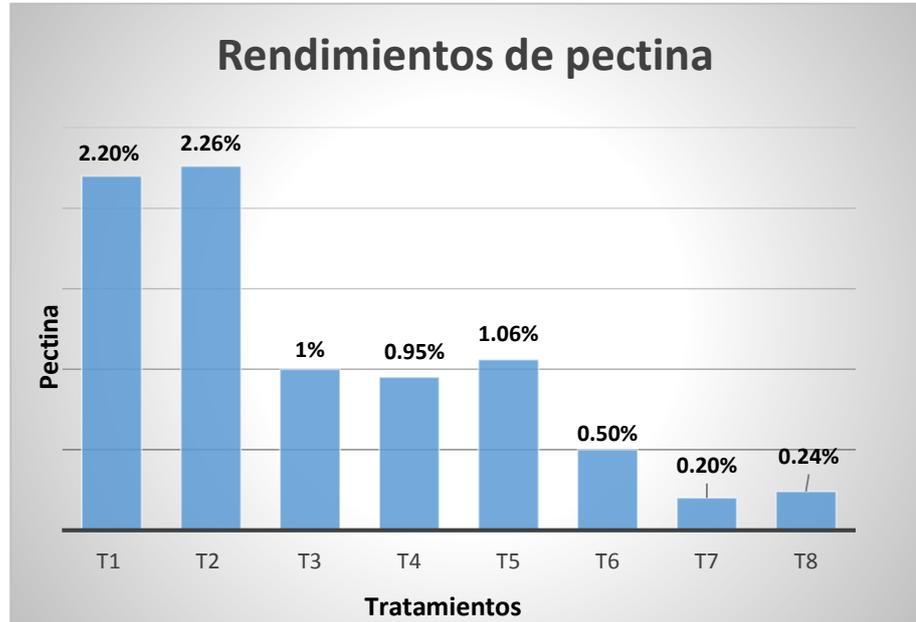


Figura 7. Rendimiento de pectina por tratamiento

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar los rendimientos se muestran por cada tratamiento, del T1 al T8, obteniendo el mayor porcentaje de pectina el T2 con un 2.26 %; es decir por un kg de cáscara se obtendrá 22.6 gramos de pectina. Con un porcentaje casi igual es el T1 con un 2.20 %, que corresponde a 22 g de pectina por kg de cáscara. Por otro lado, el T7 y T8 muestran los menores porcentajes, 0.20 % y 0.24 %, es decir que por un kg de cáscara se obtendría 20 g y 24 g, respectivamente. El T3 tiene un rendimiento de 1 %, el T4 un 0.95 %, el T5 muestra 1.06 % y el T6 con 0.50 %

### 3.1.1.2. Pectina total

Los resultados de pectina total se muestran en la Tabla 6, en la cual se realizó por cada tratamiento y estos están expresados en porcentajes.

Tabla 6

*Resultados de pectina total*

<b>Tratamientos</b>	<b>Resultados (%)</b>
T1	90.2
T2	96.4
T3	64.7
T4	58.4
T5	85.6
T6	80.2
T7	78.1
T8	56.2

*Fuente:* Elaboración propia

Los tratamientos con mayor porcentaje de pectina total son el T2 con un 96.4 %, seguido del T1 con un 90.2 % y con menores porcentajes el T4 y el T8, con 58.4 % y 56.2 %, respectivamente.

### 3.1.1.3. Evaluación de los tratamientos

Los factores de investigación (pH, tiempo y temperatura de hidrólisis) son agrupados por cada tratamiento para la extracción de pectina, los cuales fueron analizados estadísticamente por ANOVA respecto al porcentaje de pectina total para la elección del mejor tratamiento.

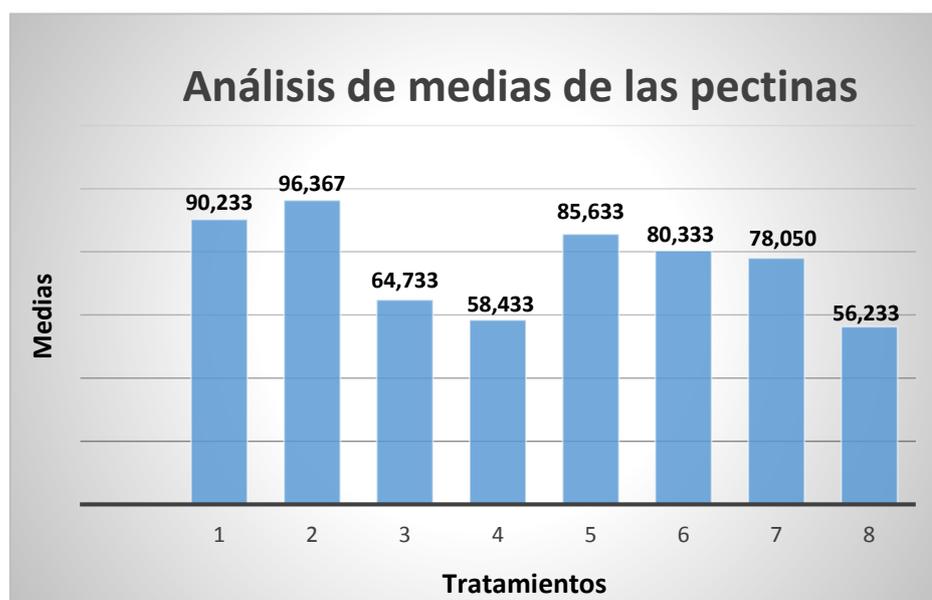
Tabla 7

*Análisis de varianza para los tratamientos*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>Fisher</b>	<b>Valor P</b>
Entre tratamientos	4676.726	7	668.104	3.528	0.017
Dentro de tratamientos	3029.632	16	189.352		
Total	7706.357	23			

*Fuente:* Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 7, el valor P que entrega el modelo estadístico SPSS es menor al valor de referencia que es 0.05. Por tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos por el análisis ANOVA, existe evidencia estadística (de acuerdo al criterio del valor P) para rechazar la hipótesis nula, por ende se puede asegurar que existe diferencias en los porcentajes de pectina total por cada tratamiento; es decir, todos los tratamientos son diferentes e influyen en el porcentaje de pectina total.



*Figura 8.* Análisis de medias de las pectinas

*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 8, se muestra el valor medio de porcentajes de pectina con respecto a cada tratamiento, siendo el mayor valor el tratamiento 2 con 96.367 y con poca diferencia con 90.233 el T1. El menor valor es el tratamiento 8 con 56.233, junto con el T3 y el T4, con 64.733 y 58.433 respectivamente; por tanto, reafirma que se rechaza la hipótesis nula y según el valor de las medias el T2 es uno de los mejores tratamientos.

En el análisis post hoc (Apéndice 7) realizado solo muestra diferencia significativa entre el T2 con el T8, y para elegir con más exactitud el mejor tratamiento se realizó un análisis de pruebas T independientes (Apéndice 8), el cual muestra que los mejores tratamientos son el T1 con

el T2; para esto se tomó en cuenta el análisis de media eligiendo al T2 como mejor tratamiento.

#### 3.1.1.4. Caracterización fisicoquímica de la pectina extraída

En la Tabla 8, se muestran los resultados de la caracterización de pectina extraída a partir de la cáscara de mango variedad Edward.

Tabla 8

*Resultados de la caracterización*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>
Peso Equivalente	mg/meq	2,326.42
Acidez libre	meq/g	0.86
Humedad	%	8.55
Ceniza	%	1.35
Alcalinidad de las cenizas (carbonato)	%	1.71
Hierro	mg/100g BS	25.48
Calcio	mg/100g BS	1,038.52
Contenido de Metoxilo	%	11.80
Grado de Esterificación	%	81.69
Ácido Galacturónico (AGU)	%	82.37

*Fuente:* Elaboración propia

#### 3.1.2. Mermelada

Al obtener los resultados de uno de los mejores tratamientos en la extracción de pectina, se procedió aplicarla en la elaboración de mermelada, a base de mango, utilizando 10 gramos por kilogramo de mermelada, y para medir la aceptabilidad de sus características principales se hizo una degustación ante un panel de 40 personas mayores de 18 años.

### 3.1.2.1. Aceptabilidad del olor

En la Figura 9 la frecuencia se inclinó al indicador de “Me gustó moderadamente” obteniendo un porcentaje de 40 %, seguido de un “Me gustó ligeramente” con un 26.7 % y un “Me gustó mucho” con 20 %, mientras que un 3 % le disgustó ligeramente, es una pequeña porción del total, por consiguiente el olor de la mermelada tuvo una buena aceptabilidad.



Figura 9. Aceptación porcentual del olor

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.2. Aceptabilidad del color

En la Figura 10, se puede observar el porcentaje de aceptación según la valoración dada, el 53 % de los consumidores eligieron la opción “Me gustó mucho”, seguido del 30 % con un “Me gustó moderadamente”, lo cual fue positiva la evaluación de la aceptabilidad del color, debido que solo el 3 % no les gustó ni les disgustó, fue un porcentaje no significativo.



*Figura 10.* Aceptación porcentual del color

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.2.3. Aceptabilidad del Sabor

En la aceptabilidad de la mermelada respecto al sabor, mediante frecuencia, el porcentaje respecto al atributo elegido muestra en la Figura 11 que el 43 % eligieron la opción “Me gustó mucho”, seguido del 37 % con “Me gustó moderadamente”, lo que se puede decir que es aceptable.



*Figura 11.* Aceptación porcentual del sabor

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.1.2.4. Aceptabilidad de la textura

La textura es uno de los principales y más importantes indicadores para medir la pectina en la mermelada. Como se puede observar también en la Figura 12, el 40 % del panel eligió “Me gustó moderadamente”, seguido del 30 % con “Me gusta mucho”, 20 % con “Me gusta ligeramente” y un pequeño 10 % que llega al máximo de la escala con un “Me gusta extremadamente”.



Figura 12. Aceptación porcentual de la textura

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.2.5. Intención de compra de la mermelada

De manera global en la encuesta se propuso la intención de compra, en la cual se dio una escala de 1 al 5, donde la escala 5 de mayor rango describe seguramente compraría y la escala 1 de menor rango describe seguramente no compraría (Tabla 11), para conocer si los consumidores aceptaban completamente la mermelada utilizando como insumo la pectina de cáscara de mango.

En la Figura 13 se muestran los resultados; donde el 53 % de los consumidores probablemente compraría, el 43.3 % seguramente compraría y solo el 3.3 % tal vez compraría, tal vez no compraría.

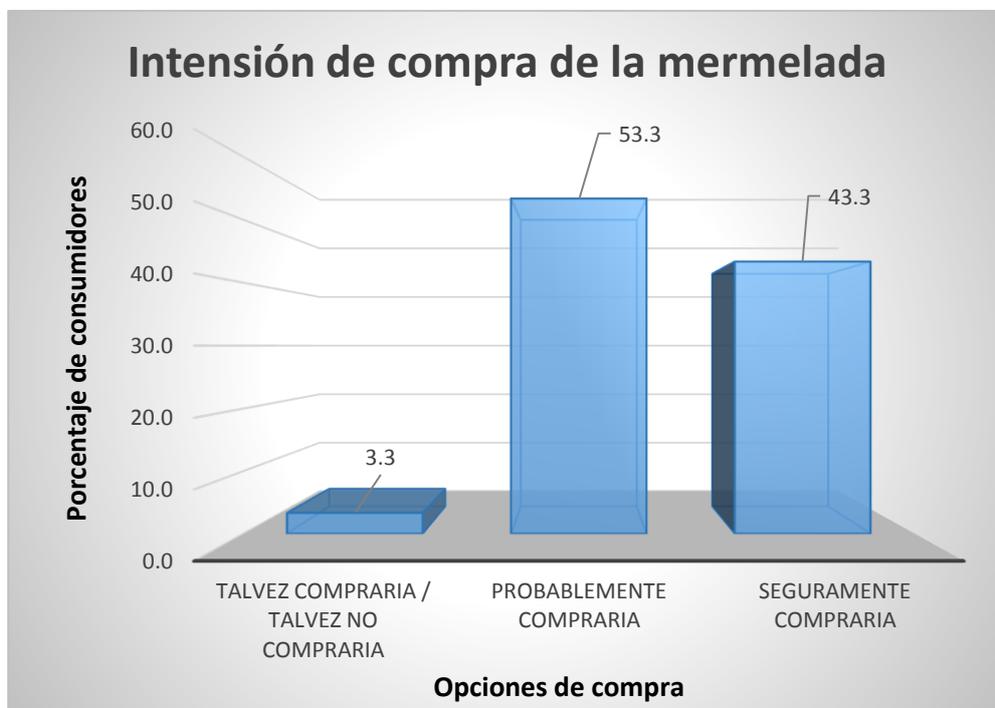


Figura 13. Intensión de compra de la mermelada

Fuente: Elaboración propia

## 3.2.DISCUSIÓN

### 3.2.1. Rendimiento de la pectina

La pectina extraída de la cáscara de mango variedad Edward, logró un mayor rendimiento con el tratamiento 2, de 2.26 %; es decir, con un kilogramo de cáscara se obtiene 22.6 gramos de pectina. Este tratamiento tuvo como parámetros 1.5 de pH, 80 min y 85 °C. Esta información indica que el rendimiento de pectina en la cáscara de mango de variedad Edward es muy bajo.

Según Gamboa (2009), en la pectina extraída de la cáscara de mango de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado, obtuvo un rendimiento de 7.43 % con un pH de 1.5, en un tiempo de 80 minutos y 85 °C de hidrólisis. A

comparación con esta investigación los parámetros son parecidos, y el resultado de rendimiento es más bajo, lo que pudo influenciar es la variedad utilizada, ya que en el estudio de Gamboa fue la combinación de cáscaras muchas variedades, no incluida la variedad Edward; además, el estudio se realizó en Venezuela donde la diferencia de climas también es una variable que pudo afectar.

Ferreira, Peralta y Rodríguez (1995), obtuvo pectina de mango común maduro a un pH de 3.2 en 75 minutos logrando un rendimiento de 23 a 24 %. En comparación al porcentaje de pectina obtenida es mucho mayor ante éste y los estudios mencionados; se utilizó un pH más alto y un tiempo menor a diferencia de esta investigación, donde el mejor tratamiento se obtuvo a pH bajo en mayor tiempo; pudiendo afectar también la variedad de mango, ya que en el estudio mencionado no especifica que variedad utilizó ni el medio acidulante, además los equipos utilizados fueron los más sofisticados, utilizados en una empresa procesadora, mientras que en esta investigación para la etapa de hidrólisis se hizo de manera artesanal con los materiales y equipos a disposición; y como en el anterior antecedente la diferencia de ambientes por país pudo interferir.

Por otro lado Barreto et al. (2017), extrajo pectina de mango maduro a un pH 1, 100 °C durante 60 minutos teniendo un rendimiento de 15 %. Lo que muestra que al compararse con la investigación realizada el porcentaje de pectina sigue siendo mayor, esto es debido a que los valores de los parámetros utilizados fueron diferentes, el pH fue menor por una diferencia de 0.5 unidades, mientras que la temperatura fue mucho mayor y en el tiempo de hidrólisis fue menor; además tampoco especifica la variedad de mango utilizada, y el nivel de madurez de la fruta fue diferente.

Al observar el comportamiento de los parámetros podemos observar que el mayor rendimiento se da en pH bajos, mayor tiempo de hidrólisis y a unas temperaturas de hidrólisis altas. Por tanto, se puede concluir que ante estos resultados, la investigación sirvió para medir el porcentaje de pectina aunque

este no sea lo esperado. La madurez del mango también es importante, debido a que en la investigación realizada solo se obtuvo pectina con el mango en estado semimaduro, en un previo ensayo, por tanto esto debe ser por la variedad de la fruta. Además de ser uso de una metodología tradicional, por los equipos y materiales utilizados que estaban al alcance. Y de una u otra manera el ambiente donde se realizó la investigación, el clima; puede ser una variable que interfiera en el producto final. En las comparaciones realizadas observamos que las variedades utilizadas no son las mismas siendo este un factor determinante ante el resultado.

### **3.2.2. Evaluación de los tratamientos respecto al porcentaje de pectina total**

Los tratamientos se evaluaron por el modelo ANOVA, donde resultó que si existía diferencia significativa, por lo mismo se evaluó la relación entre estos para elegir el mejor de los tratamientos respecto al porcentaje de pectina total.

Según el POST ANOVA la única diferencia significativa es entre el tratamiento 2 y el tratamiento 8, por la diferencia de la cantidad de pectina total; para un mejor análisis se hicieron pruebas T independientes entre todos los tratamientos, viendo la diferencia de medias, donde el T4 y el T8 (Tabla 13) no tienen diferencia significativa, igual que el T4 con el T3 (Tabla 14), el T4 y T6 (Tabla 15), el T6 y T5 (Tabla 16), el T6 y T7 (Tabla 17), lo que quiere decir que se podrían considerar iguales, por la significancia bilateral mostrada entre las comparaciones. Por tanto estos tratamientos se rechazan como mejores tratamientos.

Sin embargo, al comparar el T5 con el T1 si muestra diferencia, por los valores mostrados en la significancia bilateral, no son iguales (Tabla 18). Por otro lado se muestra también la comparación entre el T1 y el T2, donde sus valores son iguales (Tabla 19). Por tanto se puede decir estadísticamente que el T1 y el T2 son los mejores tratamientos, los cuales son a un pH menor (1.5), un tiempo mayor (80 min) y a diferentes temperaturas (60 y 85 °C).

Aviña, Contreras, Corona y Carranza (2016) respalda que el mayor rendimiento de pectina total en su investigación se encontró en la cáscara de la fruta, mientras que el medio de extracción fue el tetraborato de sodio, a 80 °C durante 10 minutos, midiendo cada muestra en un espectrofotómetro UV-visible. En comparación con esta investigación, el tiempo es mucho menor a la que se tomó, el medio acidulante es diferente y además no se especifica el pH de extracción; por tanto, estas medidas influirían en el resultado final de porcentaje de pectina total, siendo mayor el resultado de la pectina de la cáscara de mango variedad Edward, por tanto se concluye que se obtuvo una pectina más pura.

### **3.2.3. Características fisicoquímicas de la pectina**

Las especificaciones internacionales descritas por Chasquibol et al. (2008) para una pectina estándar son: Humedad: 10.81 %, Ceniza: 6.07 %, Metoxilo: min. 6.70 % (USP), Ácido Galacturónico: min. 74 % (USP), min. 65 % (UE, FAO/WHO, FDA/FCC) y Grado de Esterificación: 81.50 %.

Al compararse estos datos con los resultados de la pectina extraída de la cáscara de mango variedad Edward, se puede diferir que la humedad de la pectina extraída de la cáscara de mango (8.55 %) se acerca a los datos internacionales, en los porcentajes de ceniza para pectina de cáscara de mango (1.35 %) es menor al de datos internacionales.

En los que respecta a los parámetros que determinan la calidad de la pectina el contenido de metoxilo obtenido es de 11.80 % observándose entonces que las pectinas extraídas son de alto metoxilo, ya que presentan valores por encima de las especificaciones internacionales (6,7 %). En el grado de esterificación y ácido galacturónico son de mayor valor, 81.69 % y 82.37 % respectivamente comparándose con las medidas internacionales (81.50 % y 74 %).

Esto nos ayuda a comprender que la pectina extraída cumple con los parámetros de calidad exigidos internacionalmente, por tanto puede ser utilizada para la aplicación de industrias alimentarias y en otras áreas. Por tanto se procede a ser aplicada a la elaboración de mermelada.

#### **3.2.4. Aplicación de la pectina a la mermelada**

La aplicación de la pectina extraída a partir de la cáscara de mango variedad Edward en la mermelada de la misma fruta, variedad criolla; se realizó a una medida de 10 gramos por kg de producto final. Su apariencia general muestra que la mermelada gelificó bien con la pectina extraída, no muestra grumos ni alguna característica anormal. Lo que se podría decir que podría competir claramente con una mermelada comercial.

Esto demuestra que la aplicación de la pectina extraída de mango a la mermelada fue lo esperado, puesto que no presento características extrañas fuera de lo común; además que el método de elaboración de la mermelada es práctico y sencillo, utilizándose materiales de cocina no sofisticados; también se obtuvo el rendimiento esperado de mermelada; la única dificultad que presenta es el bajo porcentaje de pectina al extraerse.

En el estudio de Nizama (2015), muestra que la aplicación de su pectina extraída en mermelada elaborada de papaya fue positiva, presentando solo una diferencia con una mermelada comercial. Los resultados de la evaluación sensorial mostraron que no existía diferencia significativa entre ambos productos ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la evaluación del color, siendo la mermelada con pectina comercial la de mayor aceptación por parte de los consumidores. A diferencia de la presente investigación que fue aceptada totalmente. Estos resultados pueden darse por el tipo de fruta o por el color de la pectina extraída.

### **3.2.5. Aceptabilidad de la mermelada**

La aceptabilidad global de la mermelada fue positiva, en las características propuestas: olor, sabor, color y textura; puesto que el 3 % del panel solo les disgustó ligeramente y el 7 % no les gustó ni disgustó el olor de la mermelada, el 3 % de los consumidores eligieron la opción no me gustó ni me disgustó en el aspecto del color, respecto al sabor y la textura, el 100 % no selecciono alguna opción de disgustó.

Esto quiere decir, que lo expuesto anteriormente reafirma la respuesta de aplicación de la pectina extraída en la mermelada. Además, la aplicación de la encuesta en la degustación fue realizada a personas comunes mayores de 18 años, con decisión a saber lo que es agradable y lo que no, además de ser consumidores usuales de mermelada, esto por el motivo de que al degustar este nuevo producto, ellos tengan la capacidad de comparar este con los productos de otros sabores y saber si es realmente aceptable sabiendo que existen productos sustitutos. Otra parte del panel encuestada fueron alumnos de la facultad de ingeniería agroindustrial, elegidos debido a su conocimiento más preciso a lo que viene hacer una aceptación organoléptica y una encuesta de investigación.

Ambas partes tuvieron una respuesta positiva en el producto, especialmente en el aspecto de la textura, debido a ser aplicada por pectina natural. Siendo así con esta última evaluación se finaliza la presente investigación. De otro modo se abren nuevas perspectivas para seguir con nuevas investigaciones acerca del tema tratado, quizá con un mejor alcance tecnológico.

## CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

Al finalizar la investigación, su análisis y discusión de los resultados se obtienen las siguientes conclusiones:

1. Se logró el objetivo principal, extraer pectina de la cáscara de mango variedad Edward, por el método de precipitación con solventes orgánicos, utilizando ácido cítrico como medio extractivo y alcohol de 96° para su lavado, y se pudo aplicar positivamente a la mermelada elaborada de mango.
2. El mayor rendimiento de la pectina obtenida de la cáscara de mango variedad Edward fue de 2.26 %, bajo un pH de 1.5, durante 80 minutos a 85 °C de hidrólisis.
3. El mejor tratamiento fue el 2, con pH bajo, mayor tiempo de hidrólisis y a mayor temperatura; obteniendo 96.4 % de pectina total.
4. Las características fisicoquímicas confirman que la pectina obtenida es de alto metoxilo y de buena calidad; puesto que cumplen con las características internacionales exigidas para una pectina estándar.
5. Al resultado de las características de la pectina extraída a partir de mango variedad Edward se logró aplicar a la mermelada elaborada a base de pulpa de mango variedad Criollo de Chulucanas, clasificándose una pectina de rápida gelificación..
6. La pectina extraída de la cáscara de mango de la variedad Edward al ser aplicada en la mermelada, dio una apariencia global muy buena, fuera de materias extrañas. Además, tuvo una buena aceptabilidad ante los consumidores.

## **CAPÍTULO V: RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones de extracción de pectina por otros métodos de extracción y/o utilizando diferentes medios extractivos para buscar una optimización en su rendimiento.
- Fomentar los trabajos de investigación con frutas de la región, para mejorar el desarrollo de nuestra ciudad y sobre todo para dar un valor agregado generando mejoras económicas a los productores, que son los menos beneficiados.
- Desarrollar temas de investigación que involucren una perspectiva a la mejora del medio ambiente.
- Evaluar estos parámetros haciendo uso de materiales y equipos actualizados, para que la pérdida de materia sea menor y se pueda lograr un mayor rendimiento del producto extraído.
- Indagar el mismo proceso de extracción con otras variedades de esta fruta, así tener comparaciones en sus resultados.
- Desarrollar investigaciones sobre la cantidad de pectina que se debe agregar a la elaboración de mermelada.
- Mejorar las condiciones de secado de la pectina obtenida, para reducir los tiempos de secado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, G. E. (2010). *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de citrus paradisi (gray fruit)*. (Trabajo de grado). Universidad de El Salvador. Centro América. Recuperado de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/471>.
- Asociación Peruana de Productores y Exportadores de Mango (2014). *Perspectivas de la industria de exportación de mango peruano*. [Archivo de datos]. Lima: Asociación Peruana de Productores y Exportadores de Mango.
- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Mazzarri, C. A., & Rincón, M. (2011). Obtención y caracterización de pectina de la cascara del cambur manzano (Musa AAB). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 28(4), 523-539. Recuperado de <http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/12473>
- Aviña, G. I., Contreras, M. C., Corona, J. E. & Carranza, C. J. (2016). Determinación de pectina total en pepino de tipo holandes. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Doi: joseconcha10@hotmail.com. Revisado de [www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/59.pdf](http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/3/59.pdf)
- Barreto, G., Púa, A., Alba, D. & Pión, M. (2017). Extracción y caracterización de pectina de mano de azúcar (*Mangifera indica* L.). *Revista Temas Agrarios*. 22(1). Recuperado de: [revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/918](http://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/918)
- Cabarcas, H. E., Guerra, B. A. F. & Henao, B. C. A. (2012). *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción*. (Tesis de grado). Universidad de Cartagena. Recuperado de <http://190.242.62.234:8080/jspui/handle/11227/109>.
- Contreras, E., Banda, R. & Montañez, S. (2009). Extracción enzimática de mango. *Departamento de investigación en alimentos*. Doi: coyotefoods@hotmail.com.

- Corona, M., Diaz, A., Paéz, G., Ferrer, J., Mármol, Z., & Ramones, E. (2012). Extracción y caracterización de pectina de la corteza de parchita. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 13(6). Recuperado de:  
<http://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/viewFile/11657/11647>
- Coronado, T. M. & Hilario, R. R. (2001). Elaboración de mermeladas: procesamiento de alimentos para pequeñas y micro empresas agroindustriales. *Centro de Investigacion, Educacion y Desarrollo*. Doi: <http://www.ciedperu.org>.
- Chasquibol, S. N., Arroyo, B. E. & Morales, G. J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*. 26, 175-199. Recuperado de  
<http://www.revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/download/4596/3674>.
- Delgado, O. (2015). *Polímeros y biopolímeros*. Recuperado de  
<https://es.calameo.com/books/004995590a6850cad424d>
- Diccionario de la Lengua Española (2016). *obra lexicográfica académica*. Recuperado de  
<https://dle.es>
- Ferreira, S., Peralta, N. & Rodriguez, A. (1995). Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos industriales del mango (Cáscara). *Revista colombiana de ciencias químico-farmacéuticas*. 24 (1). 29-34. Recuperado de  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/view/56478>
- Food and Agriculture Organization (2017). Perspectivas mundiales de las principales frutas Tropicales. Recuperado:  
[http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/Tropical\\_Fruits\\_Spanish2017.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf)
- Gamboa, B. (2009). *Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (Mangifera indica L.), de las variedades Smith, Tommy*

*Atkins, Haden y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas.* (Tesis de grado). Universidad del oriente. Recuperado de <http://www.ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2282/1/PGIQ009G30.pdf>

Instituto Nacional de Estadística Informática (2015). Producción de mango. [Archivo de datos]. Lima: Instituto Nacional de Estadística Informática. Recuperado de <https://www.inei.gob.pe/>.

Linnaeus, C. (1753). *Species Plantarum*. Clasificación taxonómica del mango. Revisado de <https://www.biodiversitylibrary.org/item/13829#page/12/mode/1up>

López M. N. J, Sañudo B.A.J, Aguilar C. N, Rodríguez H. R. & Contreras E. J. C. (2011). Pectina de mango: perspectivas para su extracción. *CIENCIACIERTA*. 7(27). Doi.Jemlit17@hotmail.com.

Mendez, A. (2014). Quelantes. *La guía química*. Recuperado de <https://quimica.laguia2000.com/quimica-inorganica/quelantes>

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (2003). *Perfil del mercado y competitividad exportadora de mango*. [Archivo de datos]. Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Doi: [www.mincetur.gob.pe](http://www.mincetur.gob.pe). Recuperado de <http://ww2.mincetur.gob.pe/wpcontent/uploads/documentos/...exportador/.../Mango>

Mora, J. M., Gamboa, J. P. & Elizondo, R. P. (2002). Guía para el cultivo del mango (*Mangifera indica*) en Costa Rica. *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. 25. Recuperado de <http://www.sidalc.net>

Nizama, Y. K. (2015). *Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.

Ospina, I. (2012). Ficha técnica del ácido cítrico. Distribuidora de químicos industriales. Doi: [iospina@dqiasa.com](mailto:iospina@dqiasa.com).

- Owens, H.S., Miers, J.C. & Maclay, W.D. (1948). Distribution of molecular weights of pectin propionates. *J. Colloid. Sci.* 3, 277-291.
- Pardos, M. F., Rubio, B. B. & Gamoneda, V. M. C. (2002). Tejido mesenquimal. *Salud180: Diccionario Esencial de las Ciencias*. Recuperado de <https://www.salud180.com/salud-z/tejido-mesenquimal>
- Pitarch, D. (03 de junio de 2014). Estabilidad en el comercio mundial de mango [Blog post]. *Fresh Plaza*. Recuperado de <http://www.freshplaza.es/article/82752/Estabilidad-en-el-comercio-mundial-de-mango>.
- Real Academia Española (2014). Versión electrónica del *Diccionario de la lengua española*. Recuperado de [w.w.w.dle.rae.es](http://www.dle.rae.es).
- Rivadeneira, A. M. A. (2009). *Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de Maracuyá (Passiflora edulis) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Perú. Recuperado de <http://space.espol.edu.ec>
- Sancho, J. V., Bota, E. P. & Castro, J.M. (1998) Introducción al análisis sensorial de los alimentos (pp.142-160). Barcelona: Universidad de Barcelona
- Serna, C. L. & Torres, L. C. (2014). Agro industrial potential of peels of mango (Mangifera indica) Keitt and Tommy Atkins. *Acta Agronómica*, 64(2), 110-115. Recuperado de <http://scielo.org.com>
- TRADE MAP (2016). Estadística del comercio para el desarrollo internacional de empresas. Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado, etc. Recuperado de: <http://www.trademap.org/Index.aspx>
- Universidad Nacional de Piura (2018). Análisis fisicoquímicos laboratorio de ingeniería química. [Archivo de Datos]. Piura: Universidad Nacional de Piura.

- Usca, T. L. (2011). Evaluación del Potencial Nutritivo de Mermelada Elaborada a Base de Remolacha (*Beta vulgaris*). (Tesis de grado). Riobamba, Ecuador.  
Recuperado de <http://esPOCH.edu.ec>
- Vargas, M.R. & Gonzales, B.M. (2002). *Extracción de pectina a partir de la cáscara de camu-camu (Myrciaria Dubia H.B.K. Mc. Vaugh)*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.  
Recuperado de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1941>
- Vásquez, R., Ruesga, L., D'addosio, R., Páez, G. & Marín, M. (2008). Extracción de pectina a partir de la cáscara de plátano (*Musa AAB*, subgrupo plátano) clon Hartón. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(2). Recuperado de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037878182008000200008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037878182008000200008) y <http://200.74.222.178/index.php/agronomia/article/view/12361>.

## TERMINOLOGÍA

**Ácido galacturónico:** El ácido D-galacturónico es un monosacárido de 6 átomos de carbono que corresponden a la forma oxidada de la D-galactosa. Pertenece al grupo de los azúcares ácidos. Es el principal componente de las pectinas, donde puede encontrarse en forma de ácido poligalacturónico. Presenta un grupo aldehído en el carbono 1 y un grupo carboxilo en el carbono 6 (Alfonso, 2010).

**Agente quelante:** Un agente quelante, o antagonista de metales pesados, es una sustancia que forma complejos fuertes con iones de metales pesados. A estos complejos se los conoce como quelatos, y generalmente evitan que estos metales pesados puedan reaccionar. La aplicación más relevante de los agentes quelantes es conseguir librar de la toxicidad a los metales pesados para los organismos vivos (Méndez, 2014).

**Biopolímero:** Son compuestos químicos cuyas moléculas están formados por la unión de micromoléculas presentes en los seres vivos, las familias que se encuentran son las proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos. Los biopolímeros naturales provienen de cuatro fuentes: origen animal (colágeno/gelatina), origen marino (quitina/quitosan), origen agrícola (lípidos y grasas: proteínas y polisacáridos) y origen microbiano (ácido poliláctico (PLA) y polihidroxicanoatos (PHA)). Por sus altas tasas de biodegradabilidad y sus excelentes propiedades físico-mecánicas los PHA y los PLA han resultado ser los de más amplia aplicación en la actualidad (Delgado, 2015).

**Caracterización:** Determinar los atributos peculiares de alguien o de algo, de modo que claramente se distinga de los demás (Real Academia Española, 2014).

**Esterificación:** Formar un éster mediante la unión de un ácido y un alcohol o un fenol (Real Academia Española, 2014)

**Hidrólisis:** Es un proceso mediante el cual el agua se descompone en sus elementos constituyentes (hidrógeno y oxígeno), por acción de la corriente eléctrica o se rompe una molécula por la acción del agua (Alfonso, 2010)

**Mesenquimal:** El tejido mesenquimal procede de: el mesodermo (la lámina intermedia en el disco embrionario trilaminar) durante el desarrollo embrionario, específicamente el mesodermo paraxial y de la lámina lateral. El mesénquima es el tejido primitivo mesodérmico del que derivan gran parte de los tejidos orgánicos. En conjunto es un tipo de tejido conectivo laxo, de consistencia viscosa, rica en colágeno y fibroblastos. El mesénquima dará lugar por el proceso de diferenciación tisular a vasos sanguíneos y órganos cardiovasculares, músculo liso, mesotelio, sistema linfático y tejido conectivo propiamente dicho (Pardos, Rubio y Gamoneda, 2002).

**Metilación:** Proceso químico por el que introducen radicales de metilo, uno o más átomos de hidrógeno de un compuesto orgánico (Diccionario de la Lengua Española, 2016).

**Pectina:** Las pectinas son una mezcla de polímeros ácidos y neutros muy ramificados que forman el 30% del peso seco de la pared celular primaria de células vegetales. En presencia de aguas forman geles. Determinan la porosidad de la pared y por tanto el grado de disponibilidad de los sustratos de los enzimas implicados en las modificaciones de la misma. Las pectinas también proporcionan superficies cargadas que regulan el pH y el balance iónico (Alfonso, 2010).

**Valoración de saponificación:** La saponificación es una reacción química entre un ácido graso (o un lípido saponificable, portador de residuos de ácidos grasos) y una base o álcali, en la que se obtiene como principal producto la sal de dicho ácido y de dicha base. Estos compuestos tienen la particularidad de ser anfipáticos, es decir tienen una parte polar y otra apolar (o no polar), con lo cual pueden interactuar con sustancias de propiedades dispares (Alfonso, 2010).

## APÉNDICES

### APÉNDICE 1. MADURACIÓN DEL MANGO

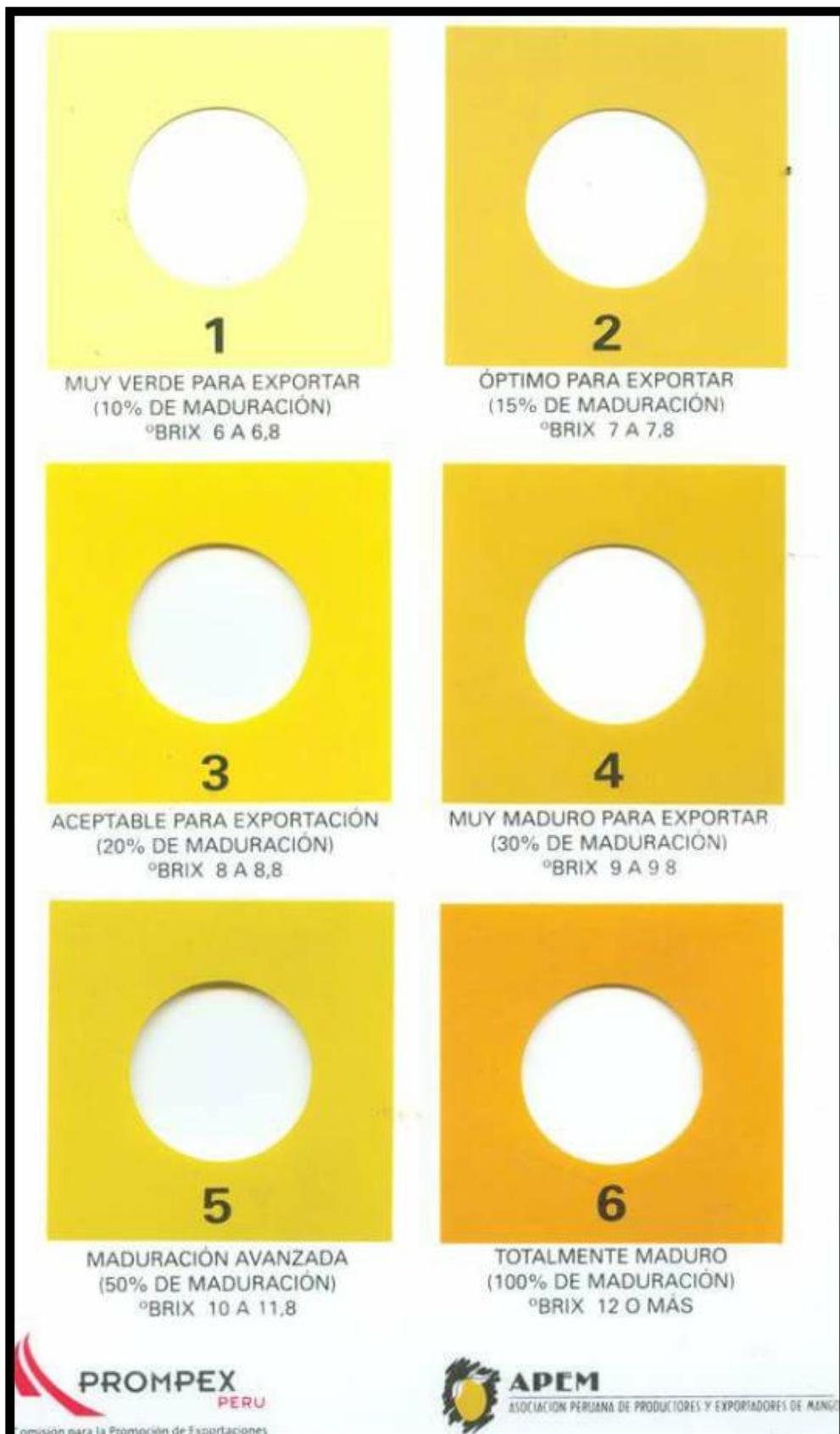
Según los datos de APEM y PROMPEX, se muestra en la Tabla 9 la maduración del mango según los grados Brix:

Tabla 9

*Grados Brix en la maduración del mango*

Maduración de la fruta	Grados brix
Verde	6 – 6.8
Semimaduro	7 – 8.8
Maduro	9 – 11.8
Sobremaduro	12 a más

*Fuente:* Elaboración propia



Fuente: Asociación Peruana de Productores y Exportadores de Mango (2014)

## APÉNDICE 2. FICHA TÉCNICA DEL ÁCIDO CÍTRICO



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

### FICHA TÉCNICA

#### ÁCIDO CÍTRICO ANHIDRO U.S.P. BP

##### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

Nombre Químico	Ácido cítrico anhidro
Formula Química	$C_6H_8O_7$
Peso molecular	192 g/mol.
Sinónimos	Ácido 2-hidroxi-1,2,3-propanotricarboxílico

##### 2. DESCRIPCIÓN

Cristales o polvo translúcidos, incoloros, inodoro, fuerte sabor ácido  
Muy soluble en alcohol y agua, soluble en éter, no tóxico.

##### 3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Pureza	99.5% mín.
Humedad	0.5% máx.
Sulfatos	150 ppm máx.
Metales pesados	10 ppm máx.
Hierro	50 ppm máx.
Ceniza sulfatada	0.05% máx.
Acido oxálico	350 ppm máx.
Calcio	200 ppm máx.
Cloruros	50 ppm máx.
Arsénico	1 ppm max
Aluminio	0.2 ppm max

##### 4. PROPIEDADES

Apariencia	Cristales
Color	Blanco
Olor y sabor	Fuerte ácido
Densidad	1.665 g/cm <sup>3</sup>
Punto de fusión	153°C
Punto de ebullición	175 °C Se descompone
Solubilidad en agua	56.7 gr/100 ml H <sub>2</sub> O
Solubilidad en etanol	100 mg/ml



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

Mercurio	1 ppm
Plomo	1 ppm

## 5. APLICACIONES

Preparación de citratos, extractos de aromas, confecciones, bebidas refrescantes, sales efervescentes, acidificante, agente dispersante, medicina, antioxidante en alimentos, agente secuestrante, agente acondicionador de agua y constructor de detergente, agente limpiador y pulimentador para acero inoxidable y otros metales, resinas alquídicas, mordiente.

## 6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

### Efectos potenciales sobre la salud

Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante), la inhalación también puede causar irritación

### Efectos agudos sobre exposición

No hay efectos asociados con este material

### Efectos sobre exposición

<b>Ojos:</b>	Causa irritación
<b>Piel:</b>	Causa irritación
<b>Ingestión:</b>	Puede causar daño al sistema digestivo, mas de 10 gramos puede causar vomito
<b>Inhalación:</b>	Puede causar dolor de cabeza, nauseas, vomito

## 7. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Contacto ojos:** Lavar inmediatamente con abundante agua, durante 15 minutos, consultar al oftalmólogo

**Contacto con la piel:** Lavar inmediatamente con abundante agua, en caso de reacciones cutáneas consultar con el médico

**Inhalación:** Traslade a la víctima al aire fresco, si es necesario aplicar respiración artificial.

**Ingestión:** No inducir al vómito si la víctima esta inconsciente, enjuagar la boca con abundante agua, consultar a médico



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

## 8. EXPLOSIVIDAD E INCENDIO

El producto en si no arde, se deben tomar las medidas necesarias según el incendio del entorno, bajo ciertas condiciones el producto puede explotar por efecto de una chispa. Para atacar el incendio se puede utilizar agua, polvo químico seco, dióxido de carbono

**Equipo de protección especial:** En caso de incendio, llevar aparato respiratorio autónomo y traje de protección química adecuado

**Peligros especiales en caso de incendio:** En caso de incendio puede liberarse dióxido de carbono y monóxido de carbono

## 9. MEDIDAS PARA ATENDER DERRAMES

### Medidas de precaución de las personas

Despejar la zona afectada, evitar toda fuente de ignición, no inhalar el polvo, ventilar el recinto y limpiar los objetos y el suelo sucios

No permitir el vertido al alcantarillado. el agua potable se pone en peligro solo al ponerse en contacto grandísimas cantidades en el subsuelo

## 10. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

**Almacenamiento:** Almacene en un lugar fresco, bien ventilado y seco, , protegerlo del calor y frío excesivo , así como del contacto de la humedad, debe almacenarse lejos de agentes oxidantes.

**Manipulación:** Lave todo el lugar luego de la manipulación, no lo ingiera, no lo inhale, evite el contacto con los ojos y la ropa, en todo momento debe utilizar protección personal.

## 11. MEDIDAS DE PROTECCIÓN PERSONAL

<b>Protección Respiratoria</b>	Usar máscara de protección con filtro apropiado, cuando hay exposición prolongada y formación de polvos.
<b>Protección de la piel</b>	No es estrictamente necesario el uso de guantes, ya que no es irritante.



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

### **Protección de los Ojos**

Debe usarse gafas sólo cuando la manipulación directa del producto genere polvos.

## **12. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

**Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales de almacenamiento, no se descompone bajo el uso adecuado, reacciona con medios de oxidación fuertes,

**Propiedades corrosivas:** No es corrosivo  
**Propiedades Oxidantes:** No es oxidante

## **13. INFORMACIÓN TOXICOLOGICA**

Irritante para los ojos y el tracto respiratorio, no carcinógeno.

LDLo (Oral conejo) 7 gr/Kg

LD50( Oral rata) 11.7 gr/Kg

## **14. INFORMACIÓN ECOLOGICA**

Es tóxico para organismos acuáticos, no debe incorporarse a suelos ni acuíferos.

## **15. DISPOSICIÓN FINAL**

La disposición final debe realizarse de acuerdo a la normatividad de los organismos de control del distrito, no descargar en drenajes, se puede incinerar bajo las condiciones ambientales adecuadas

## **16. INFORMACIÓN DEL TRANSPORTE**

El producto debe transportarse en condiciones secas

No aplica controles especiales ya que no es material controlado por ningún ente territorial, no se requieren recomendaciones especiales al transportador de acuerdo a la NFPA

Peligro para la salud	2
Peligro de inflamabilidad	1
Peligro de reactividad	0
Disposiciones especiales de reactividad	Ninguna



DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS  
INDUSTRIALES S.A.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos proporcionados en esta hoja, son tomados de fuentes confiables y representan la mejor información conocida actualmente sobre la materia, este documento debe utilizarse solo como guía para la manipulación del producto con la precaución adecuada. **DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES** no asume responsabilidad alguna por reclamos, pérdidas o daños que resulten del uso inapropiado de la mercancía y/o de un uso distinto para el que fue concebida. El usuario debe hacer sus propias investigaciones para determinar la aplicabilidad de la información consignada en la presente hoja según sus propósitos particulares

### BIBLIOGRAFÍA

[http://www.corquiven.com.ve/esp/MSDS%5CMSDS-ACIDO\\_CITRICO.pdf](http://www.corquiven.com.ve/esp/MSDS%5CMSDS-ACIDO_CITRICO.pdf)  
Diccionario de Química y de Productos Químicos. Gessner G. Hawley  
<http://www.nextbar.com/archivos/NXB%20MSDS%20ACIDO%20CITRICO.pdf>  
[http://www.segulab.com/acido\\_citrico.htm](http://www.segulab.com/acido_citrico.htm)

FECHA	REALIZO	ACTUALIZO
2011/02/ 12	I.Q. Iván Darío Ospina	I.Q. Iván Darío Ospina Enero 2012

Cra. 50C N° 10 Sur-18 Tels: 361 07 11-361 Fax: 285 64 74  
mail: [iospina@dqisa.com](mailto:iospina@dqisa.com) Medellín • Colombia.

Fuente: Ospina (2012)

### APÉNDICE 3. ANÁLISIS SENSORIAL

Sancho, Bota y Castro (1998) en su libro “Introducción al análisis sensorial de los alimentos” nos muestra una Tabla de 10 puntos para la evaluación de la aceptabilidad de un producto:

Tabla 10

*Escala hedónica para la aceptabilidad de la mermelada*

Puntaje	Concepto
9	Me gustó extremadamente
8	Me gustó mucho
7	Me gustó moderadamente
6	Me gustó ligeramente
5	No me gustó ni me disgustó
4	Me disgustó ligeramente
3	Me disgustó moderadamente
2	Me disgustó mucho
1	Me disgustó extremadamente

*Fuente:* Elaboración propia adaptado de Sancho et al. (1998)

Prueba de aceptabilidad de la mermelada de mango, según sus características:

- Olor: Característico a la fruta.
- Sabor: Dulce, característico a la fruta.
- Color: Amarillo.
- Textura: Gelatinoso, espeso.

Tabla 11

Puntaje para la intención de compra de la mermelada

Puntaje	Concepto
5	Seguramente compraría
4	Probablemente compraría
3	talvez compraría/ talvez no compraría
2	Probablemente no compraría
1	seguramente no compraría

*Fuente:* Elaboración propia

## APÉNDICE 4. FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA MERMELADA DE MANGO

Nombre : \_\_\_\_\_  
Fecha : \_\_\_\_\_  
Edad : \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_

1. ¿Ha consumido usted algún tipo de mermelada?
  - a. Si            b. No
  
2. Si la respuesta es positiva mencione donde lo adquirido
  - a. Preparado en casa
  - b. Comprado en el mercado
  - c. Comprado en el centro comercial
  - d. Otros
  
3. Por favor evaluar cuidadosamente la muestra utilizando la siguiente escala:

- 9 = Me gustó extremadamente
- 8 = Me gustó mucho
- 7 = Me gustó moderadamente
- 6 = Me gustó ligeramente
- 5 = No me gustó ni me disgustó
- 4 = Me disgustó ligeramente
- 3 = Me disgustó moderadamente
- 2 = Me disgustó mucho
- 1 = Me disgustó extremadamente

Califique cuanto le gusto o disgusto el producto en relación a los siguientes atributos

ATRIBUTOS	PUNTAJE
Color	
Olor	
Sabor	
Textura	

4. Marcar expresando su parecer en relación a la intención de compra de la muestra evaluada de mermelada de mango

5 = Seguramente compraría

4 = Probablemente compraría

3 = talvez compraría/ talvez no compraría

2 = Probablemente no compraría

1 = seguramente no compraría

¡Muchas gracias por su atención!

*Fuente:* Elaboración propia

## APÉNDICE 5. CÁLCULOS DE RENDIMIENTOS DE LAS PECTINAS

Para todas las muestras se utilizó la fórmula de Nizama (2015), donde la cantidad de cáscara fue de 100 gramos como unidad experimental en todos los tratamientos.

Formula:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{g de pectina obtenida}}{\text{g de cáscara}} \times 100$$

a. **Tratamiento 1:** pH: 1.5 – 60 min – 85 °C

$$T1 = \frac{2.20 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 2.20 \%$$

b. **Tratamiento 2:** pH: 1.5 – 80 min – 85 °C

$$T2 = \frac{2.26 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 2.26 \%$$

c. **Tratamiento 3:** pH: 1.5 – 60 min – 60 °C

$$T3 = \frac{1 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 1 \%$$

d. **Tratamiento 4:** pH: 1.5 – 80 min – 85 °C

$$T4 = \frac{0.95 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 0.95 \%$$

e. **Tratamiento 5:** pH: 3 – 80 min – 85 °C

$$T5 = \frac{1.06 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 1.06 \%$$

**f. Tratamiento 6:** pH: 3 – 80 min – 60 °C

$$T6 = \frac{0.50 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 0.50 \%$$

**g. Tratamiento 7:** pH: 3 – 60 min – 60 °C

$$T7 = \frac{0.20 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 0.20 \%$$

**h. Tratamiento 8:** pH: 3 – 60 min – 85 °C

$$T8 = \frac{0.24 \text{ g}}{100 \text{ g}} \times 100 \% = 0.24 \%$$

## APÉNDICE 6. INFORME DE ANÁLISIS DE PECTINA TOTAL



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



**2018**

**INFORME DE ANÁLISIS N°80-CP-D.A.I.Q.-UNP**

SOLICITADO POR MUESTRA:	2 MARICARMEN JUAREZ BERECHÉ
PROCEDENCIA:	2 PECTINA EN POLVO DE CASCARA DE MANGO VARIEDAD EDWARD.
NÚMERO DE MUESTRAS:	1 CHULUCANAS
ANÁLISIS SOLICITADOS:	2 08
PROYECTO:	1 PECTINA TOTAL
	1 "EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CASCARA DE MANGO (Mangifera indica) de la variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada- Chulucanas-Piura."
FECHA DE RECEPCIÓN:	1 28 DE febrero DEL 2018
FECHA DE ANÁLISIS:	1 DEL 28 DE febrero AL 03 DE marzo DEL 2018.

**RESULTADOS**

MUESTRA	UNID. DE MEDIDA	RESULTADOS
T1 : (A1B1C1)	(%)	90.3
T2 : (A1B2C1)	(%)	96.4
T3 : (A1B1C2)	(%)	64.7
T4 : (A1B2C2)	(%)	58.4
T5 : (A2B1C1)	(%)	85.6
T6 : (A2B2C1)	(%)	80.2
T7 : (A2B1C2)	(%)	78.1
T8 : (A2B2C2)	(%)	56.3

**METODO DE REFERENCIA:**  
Gravimétrico y Espectrofotométrico del ácido anhidrouónico a 532 nm.

PIURA, 03 DE marzo DEL 2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS D.A.I.Q.

Página 1 de 1

Fuente: Universidad Nacional de Piura (2018)

## APÉNDICE 7. ANÁLISIS POST ANOVA

Para el análisis POST ANOVA se realizó la prueba de Tuckey. La Tabla 12 muestra la relación entre tratamientos, la diferencia de medias, el grado de significancia y el intervalo de confianza al 95 %, según el porcentaje de pectina total como variable dependiente. El error estándar fue de 11.2354.

Tabla 12

*Análisis POST ANOVA*

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
1	2	-6.13	0.99	-45.03	32.77
	3	25.50	0.37	-13.39	64.39
	4	31.80	0.16	-7.09	70.69
	5	4.60	1.00	-34.29	43.49
	6	9.90	0.98	-28.99	48.79
	7	12.18	0.95	-26.72	51.08
	8	34.00	0.11	-4.89	72.89
2	1	6.13	0.99	-32.77	45.03
	3	31.63	0.16	-7.27	70.53
	4	37.93	0.06	-0.97	76.83
	5	10.73	0.98	-28.17	49.63
	6	16.03	0.83	-22.87	54.93
	7	18.32	0.72	-20.58	57.22
3	8	40.13*	0.04	1.24	79.03
	1	-25.50	0.37	-64.39	13.39
	2	-31.63	0.16	-70.53	7.27
	4	6.30	0.99	-32.59	45.19
	5	-20.90	0.59	-59.79	17.99

	6	-15.60	0.85	-54.49	23.29
	7	-13.32	0.93	-52.22	25.58
	8	8.50	0.99	-30.39	47.39
4	1	-31.80	0.16	-70.69	7.09
	2	-37.93	0.06	-76.83	0.97
	3	-6.30	0.99	-45.19	32.59
	5	-27.20	0.29	-66.09	11.69
	6	-21.90	0.54	-60.79	16.99
	7	-19.62	0.66	-58.52	19.28
	8	2.20	1.00	-36.69	41.09
	5	1	-4.60	1.00	-43.49
2		-10.73	0.98	-49.63	28.16
3		20.90	0.59	-17.99	59.79
4		27.20	0.29	-11.69	66.09
6		5.30	1.00	-33.59	44.19
7		7.58	0.99	-31.32	46.48
8		29.40	0.22	-9.49	68.29
6		1	-9.90	0.98	-48.79
	2	-16.03	0.83	-54.93	22.86
	3	15.60	0.85	-23.29	54.49
	4	21.90	0.54	-16.99	60.79
	5	-5.30	1.00	-44.19	33.59
	7	2.28	1.00	-36.62	41.18
	8	24.10	0.43	-14.79	62.99
	7	1	-12.18	0.95	-51.08
2		-18.32	0.73	-57.22	20.58
3		13.32	0.93	-25.58	52.22
4		19.62	0.66	-19.28	58.52
5		-7.58	0.99	-46.48	31.32
6		-2.28	1.00	-41.18	36.62
8		21.82	0.55	-17.08	60.72
8		1	-34.00	0.11	-72.89

2	-40.13*	0.04	-79.03	-1.24
3	-8.50	0.99	-47.39	30.39
4	-2.20	1.00	-41.09	36.69
5	-29.40	0.22	-68.29	9.49
6	-24.10	0.43	-62.99	14.79
7	-21.82	0.55	-60.71	17.08

*Fuente:* Elaboración propia

## APÉNDICE 8. PRUEBAS DE MUESTRAS INDEPENDIENTES

Para una mejor selección del mejor tratamiento se realizó la comparación de medias por la prueba T para las muestras independientes entre los tratamientos que quedan. En el cual al comparar la significancia bilateral entre todos los tratamientos se busque el mejor tratamiento.

Tabla 13

*Pruebas de muestras independientes: T4 y T8*

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Pectina Total (%)	0.27	0.63	0.25	4	0.82	2.20	8.88	-22.47	26.87
Se asumen varianzas iguales			0.25	3.63	0.82	2.20	8.88	-23.48	27.88
No se asumen varianzas iguales									

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14

*Pruebas de muestras independientes: T4 y T3*

	Prueba de Levene		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Pectina Total (%)	0.07	0.81	0.57	4	0.60	6.30	11.09	-24.50	37.10
Se asumen varianzas iguales			0.57	3.91	0.60	6.30	11.09	-24.80	37.40
No se asumen varianzas iguales									

Fuente: Elaboración propia



Tabla 17

*Pruebas de muestras independientes: T6 y T7*

		Prueba de Levene de igualdad		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Pectina Total (%)	Se asumen varianzas iguales	0.02	0.90	0.16	4	0.88	2.28	14.36	-37.60	42.16
	No se asumen varianzas iguales			0.16	3.95	0.88	2.28	14.36	-37.80	42.37

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18

*Pruebas de muestras independientes: T1 y T5*

		Prueba de Levene de igualdad		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Pectina Total (%)	Se asumen varianzas iguales	5.30	0.08	0.39	4	0.71	4.60	11.68	-27.84	37.04
	No se asumen varianzas iguales			0.39	2.52	0.73	4.60	11.68	-36.95	46.15

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19

*Pruebas de muestras independientes: T1 y T2*

		Prueba de Levene de igualdad		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Pectina Total (%)	Se asumen varianzas iguales	0.00	1.00	-1.16	4	0.31	-6.13	5.29	-20.83	8.56
	No se asumen varianzas iguales			-1.16	3.93	0.31	-6.13	5.29	-20.93	8.66

Fuente: Elaboración propia

## APÉNDICE 9. CÁLCULOS DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA PECTINA

El mejor tratamiento para la caracterización fisicoquímica de la pectina fue el tratamiento 2, los cálculos de estos son los siguientes:

### A. Peso equivalente:

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{\text{peso de la muestra (mg)}}{\text{meq. de hidróxido de sodio}}$$

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{500 \text{ mg}}{0.2149224989 \text{ meq.}}$$

$$\text{Peso Equivalente} = 2326.42 \frac{\text{mg}}{\text{meq}}$$

### B. Acidez libre:

$$\text{Acidez Libre} = \frac{\text{Normalidad} \times \text{Vol. NaOH}}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\text{Acidez Libre} = \frac{0.1 \text{ N} \times 1290 \text{ ml}}{150 \text{ g}}$$

$$\text{Acidez Libre} = 0.86 \text{ meq/g}$$

### C. Humedad:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Pérdida de peso}}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \%$$

$$\text{Humedad} = \frac{0.4275 \text{ g}}{5 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$\text{Humedad} = 8.55 \%$$

**D. Cenizas:**

$$Ceniza = \frac{\text{peso de la ceniza}}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \%$$

$$Ceniza = \frac{0.027 \text{ g}}{2 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$Ceniza = 1.35 \%$$

**E. Contenido de metoxilo:**

$$CM = \frac{v \text{ de NaOH} \times 15.52}{\text{muestra inicial}} \times 100 \%$$

$$CM = \frac{0.019 \text{ ml} \times 15.52 \text{ mg}}{2.5 \text{ g}} \times 100 \%$$

$$CM = 11.80 \%$$

**F. Ácido Galacturónico:**

$$AG = \frac{(Ti + Ts) \times 97.07}{\text{muestra inicial}} \times 100 \%$$

$$AG = \frac{0.021214 \times 97.07}{2.5} \times 100 \%$$

$$AG = 82.37 \%$$

La alcalinidad de cenizas, el hierro, calcio y el contenido del grado de esterificación se hicieron por el método gravimétrico y espectrofotométrico del ácido anhidrouónico a 332 nm. en el laboratorio de ingeniería química en la Universidad Nacional de Piura.

## APÉNDICE 10. RESULTADOS DEL INFORME DE LA CARACTERIZACIÓN DE PECTINA



**Universidad Nacional de Piura**  
CENTRO PRODUCTIVO DE BIENES Y SERVICIOS  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA QUÍMICA



2018

INFORME DE ANÁLISIS N°86-CP-D.A.I.Q.-UNP

SOLICITADO POR MUESTRA	1 MARICARMEN JUAREZ BERECHÉ
TRATAMIENTO	1 PECTINA EN POLVO DE CASCARA DE MANGO VARIEDAD EDWARD.
PROCEDENCIA	1 ÓPTIMO T2
NÚMERO DE MUESTRAS	1 CHULUCANAS
ANÁLISIS SOLICITADOS	1 01
PROYECTO	1 Físicoquímico
FECHA DE RECEPCIÓN	1 *EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CASCARA DE MANGO (Mangifera indica) de la variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada- Chulucanas-Piura.*
FECHA DE ANÁLISIS	1 06 de marzo del 2018
	1 Del 06 de marzo al 12 de marzo del 2018.

RESULTADOS

PARÁMETROS	UNID. DE MEDIDA	PECTINA DE CASCARA DE MANGO
Humedad	(%)	8.55
Ceniza	(%)	1.35
Alcalinidad de las Cenizas (% carbonato)	(%)	1.71
Peso equivalente	(mg/meq)	2326.42
Acidez libre	meq/g	0.86
Contenido de Metoxilo	(%)	11.80
Grado de esterificación	(%)	81.69
Ácido Galacturónico (AGU)	(%)	82.37
Hierro	(mg/100 g 85)	25.48
Calcio	(mg/100 g 85)	1038.52

**METODO DE REFERENCIA:**  
Gravimétrico y Espectrofotométrico del ácido anhidrouónico a 532 nm.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
C.P.I.Q.  
Ing. Hernán Delgado Escobar  
Departamento Académico de Ingeniería Química

PIURA, 13 de marzo del 2018

Página 1 de 1

Fuente: Universidad Nacional de Piura (2018)

## APÉNDICE 11. FRECUENCIAS PARA LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE LA MERMELADA

En los siguientes cuadros se muestran las frecuencias de aceptación de la mermelada de mango, según el puntaje de la escala hedónica de 9 puntos, por cada característica:

Tabla 20

### *Aceptabilidad del color*

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
No me gustó ni me disgustó	1	3.3	3.3	3.3
Me gustó ligeramente	2	6.7	6.7	10.0
Me gustó moderadamente	9	30.0	30.0	40.0
Me gustó mucho	16	53.3	53.3	93.3
Me gustó extremadamente	2	6.7	6.7	100.0
Total	30	100.0	100.0	

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 21

### *Aceptabilidad del olor*

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Me disgustó ligeramente	1	3.3	3.3	3.3
No me gustó ni me disgustó	2	6.7	6.7	10.0
Me gustó ligeramente	8	26.7	26.7	36.7
Me gustó moderadamente	12	40.0	40.0	76.7
Me gustó mucho	6	20.0	20.0	96.7
Me gustó extremadamente	1	3.3	3.3	100.0
Total	30	100.0	100.0	

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 22

*Aceptabilidad del sabor*

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Me gustó ligeramente	4	13.3	13.3	13.3
Me gustó moderadamente	11	36.7	36.7	50.0
Me gustó mucho	13	43.3	43.3	93.3
Me gustó extremadamente	2	6.7	6.7	100.0
Total	30	100.0	100.0	

*Fuente:* Elaboración propia

Tabla 23

*Aceptabilidad de la textura*

Indicador	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Me disgustó mucho	2	6.7	6.7	6.7
Me disgustó moderadamente	2	6.7	6.7	13.3
Me disgustó ligeramente	4	13.3	13.3	26.7
No me gustó ni me disgustó	1	3.3	3.3	30.0
Me gustó ligeramente	6	20.0	20.0	50.0
Me gustó moderadamente	8	26.7	26.7	76.7
Me gustó mucho	5	16.7	16.7	93.3
Me gustó extremadamente	2	6.7	6.7	100.0
Total	30	100.0	100.0	

*Fuente:* Elaboración propia

**APÉNDICE 12. PRUEBA DE EFECTOS INTER-SUJETOS EN LOS FACTORES  
DE LA INVESTIGACIÓN**

El nivel de interacción entre los factores (pH, tiempo y temperatura) con respecto al porcentaje de pectina se muestran en la Tabla 24, al analizar a través del análisis de varianza con  $p < 5\%$ .

Tabla 24

*Prueba de efectos inter-sujetos en los factores de investigación*

<b>ORIGEN</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P.</b>
Modelo corregido	4,676.73 <sup>a</sup>	7	668.10	3.53	0.02
Intersección	139,545.13	1	139,545.13	736.96	<b>0.00</b>
Ph	33.96	1	33.96	0.18	0.68
Tiempo	3,392.69	1	3,392.69	17.92	<b>0.00</b>
Temperatura	279.14	1	279.14	1.47	0.24
pH * tiempo	378.02	1	378.02	1.99	0.18
pH * temperatura	272.36	1	272.36	1.44	0.25
tiempo * temperatura	314.29	1	314.29	1.66	0.22
pH * tiempo * temperatura	6.25	1	6.25	0.03	0.86
Error	3029.63	16	189.35		
Total	147,251.48	24			
Total corregido	7,706.36	23			

a. R al cuadrado = 0.607 (R al cuadrado ajustada = 0.435)

*Fuente:* Elaboración propia

Como se puede observar, el tiempo es el único factor que presenta significancia con un valor debajo de 0.05.

## APÉNDICE 13. FOTOGRAFÍAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN



Mango de la variedad Edward en estado semimaduro



Pelado de mango de la variedad Edward



Estabilización del pH



Estabilización de la temperatura en la etapa de hidrólisis ácida



Precipitación de la pectina en la muestra



Pectina extraída de la cáscara de mango variedad Edward



Mermelada de mango



Aplicación de la encuesta para medir la aceptación de la mermelada a un panel de 40 persona