

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO

SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

QUÍMICA



**EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA DE TUNA (*Opuntia
ficus-indica*) EN MEDIO ÁCIDO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

PRESENTADO POR:

EDUARDO ALEXIS CAMPOS SANTIAGO

ASESOR:

M(o) Julio Algemiro Muñoz Vilela

HUACHO-PERÚ

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO

SÁNCHEZ CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA QUÍMICA Y METALÚRGICA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

QUÍMICA

EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN MEDIO ÁCIDO

Sustentado y aprobado ante el Jurado evaluador



Dr. Ruiz Sánchez, Berardo Beder
PRESIDENTE



M(o). Coca Ramírez, Víctor Raúl
SECRETARIO



Ing. Torres Corcino, Edelmira
VOCAL



M(o) Muñoz Vilela, Algemiro Julio
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón para mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, mucho de mis logros son gracias a ustedes por el apoyo que siempre me brindan día a día.

También dedico a mi hermanita que siempre me apoya en mis proyectos que realizo ha sido mi motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ella.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mi universidad quien me brindó la oportunidad de obtener una profesión.

A mis docentes, personas de gran sabiduría quienes me han brindado todo su ayuda para lograr donde hoy me encuentro.

A mis padres, no fue sencillo culminar con éxito este proyecto, sin embargo, fueron los que me motivaron siempre a no rendirme, me decían que lo lograría y hoy en día se refleja todas sus palabras, gracias por todo el esfuerzo y sacrificio que realizaron para lograr ser profesional.

ÍNDICE

“Evaluación de la pectina extraída de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en medio ácido”

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Descripción de la realidad problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.2.1. Problema General	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. Justificación de la Investigación.....	4
1.5. Delimitaciones del estudio.....	4
1.6. Viabilidad del estudio.....	4

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.1.1. Investigaciones internacionales	5
2.2.2. Investigaciones nacionales	8
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. La tuna (opuntia ficus-indica).....	11
2.2.2. Pectina	16
2.3. Definición de Términos básicos	25
2.4. Formulación de la Hipótesis	26
2.4.1. Hipótesis General	26
2.4.2. Hipótesis Específica	26
CAPITULO III: METODOLOGÍA	27
3.1. Diseño Metodológico	27
3.1.1. Tipo de Investigación	27
3.1.2. Nivel	27
3.1.3. Diseño.....	27
3.1.4. Enfoque.....	29
3.2. Población y Muestra	29
3.2.1. Población	29
3.2.2. Muestra	29
3.3. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos.....	29
3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.....	31

CAPITULO IV: RESULTADOS	32
4.1. Caracterización fisicoquímica del nopal.....	32
4.2. Caracterización fisicoquímica del Ácido Cítrico.....	32
4.3. Parámetros fisicoquímicos de la muestra a tratar	34
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	44
5.1. Discusión:	44
5.2. Conclusiones.....	44
5.3. Recomendaciones:	45
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
6.1. Bibliografía.....	46
ANEXOS	49
Anexo I: Procedimiento:.....	49
Anexo II: Porcentaje de Humedad.....	54
Anexo III: Análisis del rendimiento:	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .Contenido de minerales en 100 g de Nopal crudo.....	13
Tabla 2. Composición química del Nopal	14
Tabla 3.Contenido de pectina en varias especies de Nopal	18
Tabla 4 .Descripción de los equipos empleados.....	30
Tabla 5 . Parámetros fisicoquímicos del nopal.....	32
Tabla 6 .Análisis fisicoquímico del ácido Cítrico diluido en 500 ml de Agua (pH 2) ...	33
Tabla 7 . Análisis fisicoquímico del ácido Cítrico diluido en 500 ml de Agua (pH 3)..	33
Tabla 8: Análisis fisicoquímico de la pectina-acido.....	34
Tabla 9 : Análisis fisicoquímico de la pectina-acido	36
Tabla 10 . Cantidad de Acido empleado en cada muestra.....	38
Tabla 11: Porcentaje de rendimiento.....	38
Tabla 12: Densidad de la pectina-Acido.....	39
Tabla 13. Balance de materia de las principales etapas de la extracción de pectina	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.Taxonomía del Nopal.....	12
Figura 2.Contenido en 100 gramos de Nopal.....	13
Figura 3.Contenido de pectina en algunas materias primas	17
Figura 4: Estructura molecular de la pectina. Fuente: (Aza y Méndez, 2010).....	17
Figura 5: Proceso de obtención de pectina de la penca de tuna.	24
Figura 6.Diagrama de BFD de la extracción de pectina a partir del nopal.....	28
Figura 7.Conductividad eléctrica de las muestras con un pH de 2.....	34
Figura 8:Residuos sólidos totales de las muestras con un pH de 2	35
Figura 9: Potencial Redox de las muestras con un pH de 2	35
Figura 10: Conductividad eléctrica de las muestras con un pH de 3.....	36
Figura 11: Residuos sólidos totales de las muestras con un pH de 3.	37
Figura 12: Potencial Redox de las muestras con un pH de 3.	37
Figura 13.Balance de materia de la muestra 1	41
Figura 14: masa obtenida en gramos (PH 2)	42
Figura 15: masa obtenida en gramos (PH 3)	42
Figura 16:Pectina obtenida en Gramos.....	43
Figura 17: Porcentaje de rendimiento en cada muestra.....	43
Figura 18: pesado de la muestra.....	50
Figura 19.Medición del pH.....	51
Figura 20.Medicion de la temperatura.....	51
Figura 21. Colado de los residuos de Mucilago	52
Figura 22.Separación pectina-residuo	52
Figura 23.Filtrado de la pectina.....	53

RESUMEN

La finalidad del proyecto de indagación tiene como objetivo fundamental la obtención de pectina emitidos por las hojas de nopales, aplicando el mecanismo de Hidrolisis acida; con lo cual el nopal fue previamente lavado y cortado, seguidamente se añadió calor, manteniendo la temperatura constante dentro de un rango de 70 – 80 °C con agitación constante, posteriormente los resultados obtenidos de la pectina con sus diferentes pH se anotaron para el cálculo del rendimiento de la pectina.

Concluyendo con la parte empírica se obtuvo datos favorables en función a la obtención de la pectina, el rendimiento obtenido fue de 0.12 % siendo este un factor importante a la hora de la extracción , así mismo también los parámetros más influyentes a la hora de obtención fueron la temperatura la cual estuvo entre un rango de 70 – 90 °C y así mismo también el pH el cual fue de 2 , también el tiempo de Hidrolisis optima que fue de 20 minutos , no obstante diversos parámetros fisicoquímicos analizados de la pectina fueron indicadores principales para saber la absorción de este , presentando un porcentaje de humedad del 80 % .

Palabras claves: Pectina, Hojas de nopal, rendimiento, Hidrolisis Acida.

ABSTRACT

The proposal of the investigation project has as its main objective the obtaining of pectin emitted by the nopales leaves, applying the mechanism of acid hydrolysis; whereby the cactus was previously washed and cut, then heat was specified, having the constant temperature within a range of 70-80 ° C with constant stirring, subsequently the results obtained from the pectin with its different pH were recorded for the calculation of pectin yield.

When concluding with the empirical part, favorable data were obtained based on the obtaining of pectin, the yield obtained was 0.12%, this being an important factor at the time of extraction, as well as the most influential parameters at the time of obtaining were the temperature which was between a range of 70 - 90 ° C and also the pH which was 2, also the optimal hydrolysis time that was 20 minutes, without obstacles various analyzed physicochemical parameters of the pectin were indicators main to know the absorption of this, presenting a percentage of humidity of 80%.

Keywords: Pectin, Prickly pear leaves, yield, Acid Hydrolysis.

INTRODUCCIÓN

La producción tanto de mermeladas como de subproductos de este se han ido produciendo ya hace siglos, para ser precisos desde 1825, en donde Henri Branconnot separo pectinas por primera vez, aplicando estas en el sector del papel. La venta de estos productos se inició en 1980 en el país de Alemania, a través de restos de manzana y zumos cítricos. La pectina extraída de la manzana tiene una apariencia un poco más oscura, eso más que todo depende a las reacciones ocurridas por el pardeamiento enzimático.

Son empleados principalmente en el sector alimentación más que todo como hidrocoloides(gomas) gelificantes. Poseen en su estructura acido poli-a-Dgalacturónico unidas por enlaces glicosídicos 1-4; esto más que todo va a depender de la botánica que poseen y así mismo también el método que se empleen al extraerlo, debido a que estos grupos carboxílicos poseen o están esterificados con metanol.

Este compuesto tiene un excelente poder de absorción, perteneciente en grupo polisacáridos y se ubica en la mayoría de los vegetales; principalmente en los compuestos cítricos.

La pectina es un polisacárido natural, el más económico en comparación a otros gelificantes, este compuesto, así como bastantes polisacáridos tienen la propiedad de hincharse, por ese motivo cuando se le aplican agua en un sólido, forman agregados cumplidos de disolver. Así mismo también son inestables, y más cual la temperatura es alta.

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.Descripción de la realidad problemática

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es un vegetal que subsiste en ambientes secos y solitarios, evoluciona o crece en terrenos calcaros, tiene diferentes aplicaciones y usos: el fruto se utiliza como alimento ya sea en forma natural (fruto fresco) o procesada (en jugos, mermeladas, en almíbar, etc.); las pencas se utilizan en el procesamiento de alimento de ganado, elaboración de harina, el mucílago que contiene se puede utilizar como floculante de las aguas turbias.

Precisamente el mucílago del nopal que es una especie de “baba” o sustancia viscosa es uno de los componentes más importantes de la fibra dietética. El mucílago del nopal es considerado de alta importancia en la industria de los alimentos debido a sus propiedades reológicas, características que le permiten ser un excelente gelificante, espesante y emulsificante.

La pectina es un agente gelificante cuyo parte de sus componentes es el ácido galacturónico, el cual le proporciona la propiedad viscosa en forma de gel, lo cual este beneficia una excelente impermeabilidad a muchos materiales entre ellos tenemos a los más principales los cuales son la mermelada y jaleas entre otros. En nuestro país actualmente no se encuentran industrias especializadas para la obtención de pectina, el abastecimiento nacional de pectina tiene una única vía la cual es la importación, lo que esto es genera demasiado hasta económica tanto para el mercado, esto lo cual genera que la obtención no sea continua.

La presente indagación de investigación “**Evaluación de la pectina extraída de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en medio ácido**”, tiene como objetivo obtener pectina a partir del mucílago de la tuna y para poder utilizarlo como agente gelificante.

De este modo, la pectina extraída dependerá de las condiciones que presente el mucílago de la tuna, y los factores que se deben tomar en cuenta son: temperatura, pH, tiempo de extracción, estado de madurez entre otros.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Se podrá evaluar la pectina extraída del mucílago de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en medio ácido?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será el mejor tratamiento en medio ácido para la extracción de la pectina?
- ¿Cuál será la mejor temperatura para la extracción de la pectina en medio ácido?
- ¿Cuál será el mejor tiempo para la extracción de la pectina en medio ácido?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la pectina extraída del mucílago de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en medio ácido

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar el mejor tratamiento en medio ácido para la extracción de la pectina.
- Evaluar la mejor temperatura para la extracción de la pectina en medio ácido.
- Evaluar el mejor tiempo para la extracción de la pectina en medio ácido.

1.4. Justificación de la Investigación

El proyecto de indagación es realizado con la finalidad de brindar mayor conocimiento a los interesados en este tema, que es una alternativa para la utilización de la tuna, como fuente principal para la extracción de pectina como agente gelificante, y así brindar un pequeño aporte en el sector alimentario, puesto que, si los resultados son favorables, constituye una alternativa que puede rivalizar con otras opciones, no obstante en función a lo económico como también desde el punto de vista que se podría impulsar el cultivo de la tuna en zonas aledañas y propicias para su desarrollo en nuestra región.

En función a lo académico es de vital importancia debido a que permite, comprender y desarrollar principales mecanismos químicos y de procesos, así como también diversas técnicas estadísticas y mecánicas.

1.5. Delimitaciones del estudio

- Delimitación espacial: Se desarrollará para poder optar el título de Ingeniero Químico de la Carrera de Ing. Química, en la Universidad José Faustino Sánchez Carrión– Huacho –Perú.
- Delimitación temporal: el estudio tendrá una duración de cinco meses, comenzará en diciembre hasta abril aproximadamente.

1.6. Viabilidad del estudio

El proyecto de indagación empírica tiene viabilidad debido a que el autor posee con los medios necesarios y requeridos en función al proceso empírico, no obstante, el investigador también posee una excelente asesoría en función a personas expertas en la materia, así como también el tiempo necesario para la realización de este.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Investigaciones internacionales

En el 2011, Aza Espinosa Marcela Elizabeth y Méndez Arellano Antonio en su investigación denominada: “Extracción de pectina de nopal (*Opuntia ficus indica*) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempo y estados y madurez”, llevada a cabo en la Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador, llegó a las siguientes conclusiones: (1) En conclusión, se nos indica que los diversos factores manipulables en la obtención de péptida fueron los de madurez el tiempo y la temperatura con la cual se obtuvo dicho compuesto, tuvo gran influencia en función al rendimiento de las muestras de pectinas extraídas, Por ende, se puede evidenciar que mientras la materia prima tenga una mayor madurez, mayor será el contenido de la muestra, por lo que el rendimiento será mucho óptimo. Por otro lado, si la temperatura es menor, así como también el tiempo de obtención, se evidencia empíricamente que su rendimiento también lo será. (2) Ahora bien, en función a los parámetros tiempo y madurez se puede evidenciar la influencia que tiene respecto a la viscosidad, lo cual indica que la consistencia óptima y más viable es la que se recibe en función al estado de 6 meses, no obstante, el tiempo menos en función a la extracción brinda un gran beneficio en función a su estabilidad obtenida. (3) Así mismo también llegamos a una conclusión de que los valores óptimos en función al grado de esterificación se basan en el método de T2 en el cual los parámetros son de 6 meses respecto a la maduración, una temperatura de 80°C y el tiempo de 1 hora, los datos obtenidos fueron de 29,25; en el T3 donde sus parámetros son de 6 meses de maduración, 90°C de temperatura y un tiempo de 1 hora, obteniendo un valor de 28,74% por lo que se clasifica en pectina baja debido a que es menor del 50 %. (4) En función a la indagación se obtiene que para un óptimo rendimiento y una óptima calidad en función a la pectina

obtenida se basa en parámetros principales como la madura que fue de 12 meses y la T° de 80°C , así mismo también el tiempo óptimo corresponde a media hora. (5) De acuerdo con la fibra compuesta, indica de manera favorable el aumento de porcentaje que se obtiene lo cual esto es de vital importancia debido a que también la calidad de la pectina obtenida es óptima y mayor. (Aza & Méndez, 2010).

En el 2014, Evelyn Ester Jiménez Fernández, en su investigación denominada: “Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (*Opuntia ficus indica*) a partir de diferentes métodos de extracción” llevada a cabo en la Universidad de Chile, Santiago, Chile, llegó a las siguientes conclusiones: (1) Se obtuvieron dos tipos de mucílagos a partir de cáscaras de tunas no escaldadas y escaldadas. En ambos métodos de extracción las cáscaras de tunas fueron limpiadas, trituradas y, anterior al proceso de extracción acuosa, a uno de los métodos se le adicionó el proceso de escaldado de las cáscaras de tunas. (2) Respecto de las propiedades reológicas presentadas por ambos mucílagos diluidos, se puede concluir que ambos mucílagos son fluidos No Newtonianos. El modelo reológico que representa a ambos fluidos es el de la Ley de la Potencia o de Ostwald de Waele. (3) Ambos mucílagos presentan un comportamiento pseudoplástico y dilatante a diferentes rangos de velocidad de deformación, predominando la característica de fluido dilatante. Además, en ambos casos la viscosidad aparente también depende del tiempo durante el cual el mucílago es sometido a esfuerzo, dando como respuesta una Tixotropía. (4) Las viscosidades aparentes de los mucílagos obtenidos de cáscaras de tunas no escaldadas y escaldadas fueron de 9,2 y 10,47 cP, respectivamente. (5) Según los valores de G' y G'' presentados por los mucílagos, el ángulo de desfase y la frecuencia de oscilación, se establece que ambos presentan comportamiento viscoelástico, con tendencia a comportarse como un fluido viscoso y de estructura física inestable. (6) Según los resultados, ambos mucílagos analizados poseen características físicas y químicas

similares. Lo mismo ocurre respecto a los análisis microbiológicos y reológicos. Por lo tanto, se puede concluir que el método óptimo de extracción de mucílago de cáscaras de tunas es el realizado sin el proceso de escaldado de estas ya que se considera un gasto de energía y recursos. (7) Respecto al valor agregado del subproducto analizado, la extracción de mucílago no se considera la mejor opción ya que sus capacidades como hidrocoloide, comparado a los que se pueden encontrar en forma comercial actualmente, no son suficientes. Es por esto que se sugiere una investigación en profundidad de los carbohidratos totales que posee la cáscara de tuna ya que es el macronutriente que posee en mayor cantidad. (Jimenez, 2014).

En el 2007, Marco Antonio Lozada Carbajal en su investigación denominada: “Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cascara de tuna (*Opuntia spp.*)”, llevada a cabo en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, llegó a las siguientes conclusiones: (1) Los rendimientos obtenidos en el mecanismo de obtención no se vieron forzados al subir el calor en cada fase de compuesto quelante usado, no obstante, si fueron drásticamente forzados respecto de EDTA. (2) Los datos obtenidos en función al rendimientos se basa mas que todo en el parametro de solidos generales teniendo datos de 1.8%(0.25% peso sobre volumen y asi mismo tambien el EDTA a una temperatura de 80°C) subiendo hasta el punto del 19% con datos de (1.5% peso en volumen y un EDTA , encontrado en un rango de 59 – 81 °C) esto mas que todo varia en funcion a los parametros de obtencion .En pocas palabras mientras ma concentracion de compuesto quelante habia , mayor era el rendimiento de obtencion de dicho compuesto. (3) Los datos obtenidos de rendimiento en función a una superficie seca fueron los óptimos de acuerdo con diversos autores. (4) Los resultados obtenidos en función a la parte empírica se modelaron adecuada y respectivamente en función a ($R^2 > 0.999$), lo cual se basa en el patrón de Herschel-Buckley, indicando este

el tipo de modelado reológico que se encuentra, así mismo también se reportó que estas soluciones obtenidas presentan una conducta no newtoniana, el último índice reportado indicó que la viscosificantes fueron aún mucho mayor a diversas pectinas que normalmente se comercializan en el sector industrial. (5) Los datos puntuales obtenidos de la viscoelasticidad en presencia de CaCl_2 nos consintieron examinar el porcentaje gelificante obtenido en función a la cascara de nopal. Cuyos datos obtenidos de G' y G'' ($\omega = 6.3 \text{ rad/s}$) son tres veces mayores, en comparación al compuesto comercial examinado. Lo que nos indica que las muestras obtenidas con las que estuvimos trabajando son aún mucho más rígidas y estables a través del tiempo respecto a las comerciales. (Lozada, 2007).

2.2.2. Investigaciones nacionales

En el 2017, Megy Ninoska Silva Casas es su estudio titulado: Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias, realizado en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, llegaron a las conclusiones que: (1) Los datos obtenidos en función al tiempo indican de manera propensa sobre el rendimiento indicando el valor de $p=0.000$. Debido a que la correlación que hay entre el rendimiento y los parámetros poseen patrones no óptimos, las cuales se expresan de acuerdo con la ecuación: $\% \text{Rendimiento} = 7.740 - 0.6225 \text{ Agua: Penca} - 0.02713 \text{ Temperatura} - 0.6463 \text{ Tiempo}$, lo cual nos indica que mientras más altos sean los factores, menor será el rendimiento obtenido. (2) Teniendo en cuenta los diversos resultados obtenidos en función a los parámetros de extracción, indican que tienen una influencia porcentual en base a la humedad y proteínas, teniendo mucho más valor la relación obtenida en función al agua y penca, sobresaliendo más que todo el carbohidrato debido a la elevada obtención de rendimiento, siguiendo la siguiente ecuación $\% \text{Rendimiento de Extracción} = -1.079 + 0.0916 \% \text{ Carbohidratos}$. (3) Seguidamente en la

fase de clarificación con respecto a los parámetros de turbidez y concentración, se obtuvieron datos muy precisos y validados los cuales estuvieron de acuerdo con $\text{Calculado} > \text{Teórico}$, no encontrándose una significancia en la interrelación de ambos parámetros la cual $\text{Calculado} < \text{Teórico}$. (4) Dando como un punto referencial de vital importancia que la turbidez es el parámetro más significativo en función a la influencia de clarificación debido al dato obtenido de $p = 0.000$, dando como resultado la capacidad que tiene la cual indica que mientras mayor sea la turbidez, la remoción aumentara, lo cual nos indica la siguiente ecuación $\% \text{ Remoción de turbidez} = 0.7284 + 0.000215 \text{ Turbidez inicial} - 0.001732 \text{ Concentración}$. (5) Como punto final diversas condiciones óptimas en función a la obtención de mucilago poseen una relación natural en función a los carbohidratos encontrados en su misma composición lo cual indica una óptima remoción de turbidez. (Silva, 2017).

En el 2014, Mirko Huaranga, Álvaro en su estudio titulado: “Evaluación de betanina y actividad antioxidante en pulpa concentrada de tuna (*Opuntia ficus indica*) ecotipo morado”, realizado en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú, llegó a las conclusiones que: (1) De acuerdo con las propiedades fisicoquímicas en función a la tuna ecotipo morada indican el porcentaje de humedad en cual es de 80,45%, así mismo también señalan que el 14,76 % representa a los carbohidratos y el 3,65 a la fibra, sin dejar de lado la ceniza que es el 0,51%, con una despreciable cantidad de proteínas y grasas, así mismo también tiene valores indicativos como el pH que está bordeando los 6,64 y la acidez que es del 0,08 %. (2) Obteniendo un rendimiento de acuerdo a los valores de 14% en concentraciones de 30° Brix , a diversas temperaturas como las de 40°C, 50°C y 60°C, cambiando el pH de acuerdo con el ajuste obtenido de 6,9; 6,88 y 6,84; acidez de 0,272%; 0,289% y 0,375% (ácido málico). (3) En función a las diferentes temperaturas de acuerdo con su concentración en temperaturas de 40°C,

50°C y 60°C, indican la certeza estadística afirmativa que la mayoría de los resultados encontrados solo llevan a una única temperatura óptima de 40°C. (4) La existencia en función a la relación fija que existe entre la capacidad antioxidante y la cantidad de betaninas presentes informan un valor de r^2 de 0,998*, así mismo también indica la capacidad antioxidante y el contenido betaxantinas con un valor de r^2 de 0.999*, no obstante, los cambios constantes en función a las temperaturas son de manera directa a los cambios en función a las b betalaínas. (Mirko, 2014).

En el 2016, Marco Antonio Yanarico Choquehuanca en su estudio titulado: “Efecto de la adición de pectina obtenida de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en la calidad sensorial y propiedades texturales del pan francés”, llevado a cabo en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, llegó a las conclusiones que: (1) En el proceso de obtención de pectina a partir de la penca de tuna, se determinó sus características que fue: pH 4.5, rendimiento 1.42 %, peso equivalente 1131.22 y contenido de metoxilo 3.76 %. Concluyéndose que la pectina obtenida de la penca de tuna es una pectina de bajo metoxilo. (2) La concentración de pectina en el pan francés no afectó en las propiedades químico proximal y microbiológicas, sin embargo, afectó significativamente ($p < 0.05$) a la calidad sensorial (textura), las concentraciones apropiadas son C2 (0.5 %) y C3 (1 %). (3) El tiempo de almacenamiento afectó significativamente ($p < 0.05$) en las propiedades microbiológicas, al tercer día existe un menor crecimiento microbiológico en la concentración C2. En cuanto a la Textura “dureza” no afectó el tiempo de almacenamiento, sin embargo, se observó un efecto significativo en las concentraciones, las concentraciones consideradas con dureza aceptable son C2 (0.5 %) y C3 (1 %). (Yanarico, 2016).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. La tuna (opuntia ficus-indica)

Esta especie está demasiado bien dispersada por la cordillera de las andas, para ser más aún mucho más específicos se encuentran en los valles interandinos, así mismo también por parte de su forma física posee frutos los cuales son utilizados para el consumo humano aprovechando al máximo las vitaminas que posee en jugos y otros productos que tienen como ingrediente el nopal. (Torres, 2017).

El origen principalmente de este espécimen vegetal tiene funcionalidad en la cochinilla (*Darcy/opios spp.*). Esto indica que el insecto, para ser específicos la hembra ha tenido evoluciones morfológicas en función a la adaptación en los cactus, es crónico en función a América, lo mismo va referido a la cactáceas debido a que fueron de vital importancia en las culturas prehispánicas, ya que lo usaban para la fabricación de fibras (Clips, Haro y Novoa, 2005).

El nopal está formado por las siguientes partes, el tallo la flor, el fruto (tuna) y los cladodios o pencas. Comúnmente, los cladodios se conocen como pencas o palas. Su interior es gelatinoso, en las dos caras del cladodio se tiene como apariencia visual areolas, estas más que todo poseen una excelente capacidad de crear y formar cladodios nuevos, flores y diversas raíces en función al clima ambiental (Yanarico, 2016).

2.2.1.1. Origen y taxonomía de la tuna

Estos vegetales normalmente provienen o tienen su origen en América tropical, aunque actualmente existen una inmensa diversidad en cuando a las condiciones agroclimáticas, que poseen o tienen forma silvestre, en casi la mayoría de América, así mismo también se ha dispersado por los demás continentes en donde se pueden apreciar la misma forma que la anterior. (Torres, 2017).

Esta especie vegetal comumente pertenece a la Cactaceae, por otro lado la taxonomía de estos es extremadamente compleja , esto mas que todo son por diversas razones , una de ellas es los fenotipos que poseen gran diversidad en funcion al entornos ambiental , por lo que se reproducen de manera sexual y asexual , asi como tambien existente gran cantidad de hidbridos interespecíficos. (Silva Casas, 2017).

Taxonomía de la Opuntia Ficus- indica (tuna). (Almendares, 2004, citado por Quispe, 2012).

Reino	: vegetal
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledonea
Orden	: Cayophyllales
Familia	: Cactácea
Subfamilia	: Opuntioideae
Género	: Opuntia Nopalea
Especie	: Ficus indica

Figura 1. Taxonomía del Nopal

2.2.1.2. *Propiedades nutricionales*

Presenta los siguientes datos:

Proporción comestible	78 %
Energía	27 kcal
Proteínas	1.7 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Calcio	93.00 mg
Hierro	1.60 mg
Tiamina (Vit. A)	0.03 mg
Riboflavina (Vit. B2)	0.06 mg
Niacina	0.3 mg

Figura 2. Contenido en 100 gramos de Nopal.

Fuente: (Yanarico, 2016, p.18).

Tabla 1 .*Contenido de minerales en 100 g de Nopal crudo.*

Concepto	Contenido (%)
Calorías	40 kcal
Grasa	0.5 g
Colesterol	0 mg
Carbohidratos	9.6 g
Fibra dietética	3.6 g
Proteínas	0.7 g
Calcio	5.6 mg
Hierro	85 mg
Fosforo	24 mg

Potasio	220 mg
Sodio	5 mg

Fuente: FAO, (1982).

Tabla 2. *Composición química del Nopal.*

Concepto	Contenido (%)
Humedad	60.9 – 95.5
Ceniza	1.08 – 1.51
Fibra	5.31
Grasa	2.57
Proteínas	0.24 – 3.51
Carbohidratos	5.60
Pectina	1.28 – 3.12
Acidez (Ácido Cítrico)	0.03 – 0.12
pH	5.80 – 6.50

Fuente: Mella *et al.*, (1988) citado por Yana rico,

2.2.1.3. El mucílago de la tuna (opuntia ficus-indica)

La especie vegetal es un compuesto espeso de forma gomosa que brinda una excelente capacidad de absorción al Nopal, el cual este se hincha, brindando diversas características específicas y principales que se pueden presenciar en las encías naturales, no obstante, también tiene una excelente funcionalidad respecto a los iones. Comúnmente la extracción del mucilago se da más que todo en las almohadillas del nopal (Quispe, 2012).

El uso abundante a través de los siglos en el uso de América en función a los cladodios de penca es fuente principal de la tecnología antigua en función a la eficiencia y rapidez con la que disminuían la turbidez en un líquido, estos líquidos que comúnmente son el agua de manantial, no obstante, no se ha brindado una línea científica en función al fenómeno dado (Quispe, 2012).

Composición

La composición se basa en la composición principalmente del 56% de residuos de azúcar entre ellos podemos apreciar a la arabinosa, galactosa entre otras, detalladamente el cv de Spineless de Burbank, no indican diversas condiciones fraccionadas de glicoproteínas. Este compuesto vegetal es una excelente fuente resolver entre la comunidad de investigación científica (Quispe, 2012).

Los datos obtenidos en función a su peso atómico varían mucho, esto se debe seguramente a las diversas técnicas empleadas a la obtención de este, así mismo también a algún contaminante presente en este. Aproximadamente en el siglo 20 Trachtenberg y Mayer indicaron de manera precisa la composición del compuesto vegetal la cual contaba con 24,5 – 43,10 por ciento de arabinosa, por 24,6 -42,0% de arabinosa, 22-42,1% de galactosa, 8,3-12,6% de ácido galacturónico, 7,3-13,4% de ramosa, 23,0-24,2% de xilosa y así mismo también posee un peso atómico de $4,3 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$, no obstante, una indagación proporcionada en 1997 por Cárdenas et al. Nos indica los datos en función a la masa molecular los cuales fueron de $3 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$, así mismo también en el año 2000 nos indicó Medina-Tones et al. Que su peso molecular era $2,3 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$. (Quispe, 2012).

Se realizó una aislación en función de partes fraccionadas de mucilago, que fue realizada en el año 2001 informado por Madjoub et al. Indicando una muestra con un elevado peso molecular (HWS) siendo este un dato de $13 \cdot 10^6 \text{ g mol}^{-1}$, así mismo la otra

que fue con un disminuyo peso molecular denominada (LWS) con un dato de $3.9 \cdot 10^3 \text{g mol}^{-1}$, con esto se encontró que la primera muestra obtuvo una representación del 10% total en función al mucilago y así mismo también libre de proteínas, del mismo modo poseía el 20% de azúcar, esto indica que posee una mayor proporción en la relación de cationes. También los datos obtenidos del HWS indican que son los mismos que se presentó con anterioridad.

Del mismo modo se llegó a la conclusión del que el LWS de Madjoub poseía en su composición el 80% de proteínas, y también un porcentaje de 2,2% de nitrógenos, esto más que todo da validez a la presencia glicoproteínas (Madjoub, 2001).

2.2.2. Pectina

Es un compuesto perteneciente al reino plantea, en el cual se hallando diversas plantas, siendo de principal ubicación en los frutos, una de las propiedades de vital importancia que tiene este compuesto es el de ser un gelificante natural. Este compuesto es hidrocoloide quiere decir que dependen de la madurez, así mismo también del ácido (ácido clorhídrico y ácido cítrico), y del pH (León y Riveros, 2014).

“Este compuesto que es de forma natural se origina en la pared nesenquimatica de los frutos vegetales, así mismo también posee una excelente servicio en el cemento intercelular” (Chasquibol, 2008, p.176).

El uso más importante de este compuesto es el de agente gelificante y también de ser un excelente conservante en la industria alimentaria, normalmente se usa en la composición de mermelada, helados y yogures entre otros. (Escobedo, 2013).

2.2.2.1. Estructura de las pectinas

“El nivel de pectina encontrado en los vegetales depende más que todo del origen donde se produzca esto a su cómo también del origen anatómico de la planta, por ende, se establece a continuación una referencia de estos”:

Origen	Contenido en pectina (%)
Papa	2.5
Zanahoria	10.0
Tomate	3.0
Manzana	5.5
Torta de manzana (residuos)	17.5
Corteza de limón	32.0
Pulpa de limón	25.0
Melocotón	7.5

Figura 3. Contenido de pectina en algunas materias primas.

Fuente: (Aza y Méndez , 2010,p. 17).

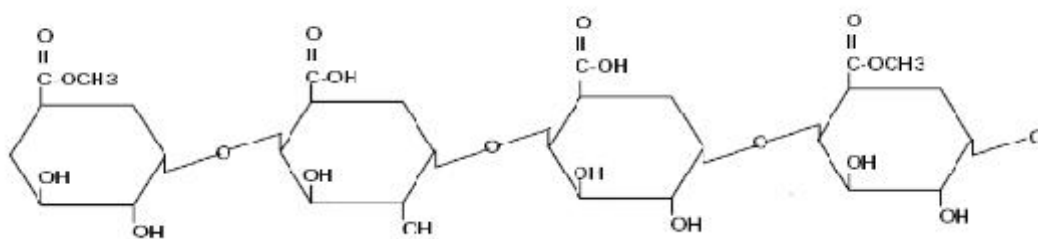


Figura 4: Estructura molecular de la pectina. Fuente: (Aza y Méndez, 2010).

2.2.2.2. Contenido de pectina en varias especies de Nopal

En la Tabla 2, se indican el contenido de pectina en diferentes tipos de penca de tuna o nopal (Villarreal *et al.*1998).

Tabla 3. Contenido de pectina en varias especies de Nopal

ESPECIE	% DE PECTINA TOTAL		% DE PROTOPECTINA		% DE PECTINA SOLUBLE	
	Base Húmeda	Base Seca	Base Húmeda	Base Seca	Base Húmeda	Base Seca
<i>O. ficus indica</i>	1.91	13.84	0.097	3.56	1.418	10.28
<i>Opuntia sp I</i>	0.95	7.6	0.448	3.58	0.482	4.02
<i>O. amyclaea</i>	1.4	9.58	0.685	4.69	0.715	4.89
<i>Opuntia sp II</i>	0.84	7.05	0.721	6.05	0.129	1.00
<i>O. megacantha</i>	0.805	5.06	0.586	3.43	0.279	1.63
<i>O. streptacantha</i>	0.97	6.59	0.605	4.38	0.365	2.21
<i>O. robusta</i>	3.3	21	0.653	5.26	2.64	23.8

Fuente: Villarreal *et al.*, (1998) citado por (Yanarico, 2016).

2.2.2.3. Clasificación de pectinas

Pectinas de alto metoxilo

Las pectinas que presentan una elevada cantidad de metoxilo se caracterizan más que todo por la formación de geles, teniendo en su composición un 50% de azúcar, el porcentaje que se presenta es respecto al 7%. Posee un comportamiento diferente en función a la gelificación, esto más que todo se sobrelleva como concepto por gelificación

dándose a entender como el inicio de la formación se presenta después de que esta completada la cocción, esta sustancia se equilibra a temperatura ambiente alcanzando la temperatura optima de gelificación. Este punto es de vital importancia debido a que es propiedad de cada pectina (Lozada, 1998).

En función al rango de 2.6 – 4.6 estos compuestos presentan una óptima estabilidad sin importar el factor temperatura; esto depende de la rigidez presente llegando a unos 50°C, sin embargo, cuando los geles son sometidos a medios alcalinos sufren una instantánea degradación.

El conjunto de pectinas poseedoras de un elevado metoxilo van a depender mucho del porcentaje de esterificación en función al tiempo que se emplea , esto sucede muy a menudo debido a que si el porcentaje obtenido es de 50 a 68 la velocidad con la que se produce la gelificación es demasiado lenta , sin embargo si el porcentaje es mayor a 68 y menor a 70 la velocidad con la que gelifica es mediada , ahora bien si la esterificación es de 71 hasta 76 la velocidad con la que se presenta la esterificación es mucho más rápida y por lo tanto optima. (Durán y Honores, 2012).

Pectinas de bajo metoxilo

Estos compuestos que poseen un bajo contenido metoxilo alrededor de 3 a 5 %. A diferencia que las que poseen un elevado contenido de metoxilo, estas brindan geles en función a la interacción del calcio encontrados en un medio acuoso, no obstante, los factores secundarios en función a esto es el pH y la concentración de sólidos, debido a la influencia que posee en la rapidez y temperatura de gelificación (Lozada,1998).

Por lo consiguiente estos compuestos poseen la característica fundamente de generar gel en el cual la composición se basa en una estructura de PECTINATOS DE CALCIO, no obstante, la composición en función a los sólidos solubles disminuye un 2%; así mismo también el pH, cada vez que se aproxima a un estado de neutralidad,

debido a esto se establece que la presencia de pectina y sales de calcio son importantes y óptimas (Durán y Honores, 2012).

2.2.2.4. Método de extracción de pectina

De acuerdo con el mecanismo en el cual se aplica la materia prima en función a la obtención de diversas calidades de pectinas, no obstante, el principal mecanismo para la extracción de pectina se enfoca en una óptima hidrólisis, posteriormente la separación y por último la recuperación.

Extracción ácida

El mecanismo de obtención se basa en aplicar la materia prima para su acondicionamiento en agua con un pH o título, así como también la temperatura y el tiempo, sin dejar de lado la agitación constante durante un tiempo de 10 minutos, esto más que todo para no permitir la aglomeración de partículas, la sustancia obtenida debe ser concentrada, de no ser así se somete al mecanismo de precipitación (Pagan, 1998).

El propósito de la hidrólisis ácida es suprimir más que todo el calcio, debido a que este compuesto posee un efecto no tan positivo en función del rendimiento de obtención (Ortiz, 2009).

Según estudios realizados en la extracción de pectina aplicando el mecanismo de hidrólisis ácida los niveles del pH del agua acidulada son de 2.0, 2.5 y 3.0 (Maldonado et al., 2010).

Esta hidrólisis nos brinda la supresión del bloqueo químico en función a los carboxilos galacturónicos que no solubilizan a los compuestos denominados pectinas. No obstante, el mecanismo debe ser detalladamente examinado y controlado debido a no hidrolizar enlaces glucosídicos.

Extracción alcalina

El mecanismo de obtención mediante este método se basa en aplicar a la materia en una solución álcali (usualmente se utiliza hexametáfosfato de sodio) bajo condiciones de temperatura bajas, tiempos prolongados para así favorecer la extracción. La sustancia obtenida seguidamente pasa por un filtro y se deja reposar para el debido enfriado, posteriormente se pasa por un clarificador, por último, la sustancia ya clarificada se somete a calor para su concentración y precipitación. Esto más que todo se hace a una temperatura óptima debido a que si se someta una temperatura muy elevada puede ocasionar una saponificación y degradación de este compuesto. (Yanarico, 2016).

Precipitación con alcohol etílico

En este mecanismo lo primero que se hace es acondicionar la materia prima, añadiéndole ácido diluido en condiciones óptimas de pH, T° y tiempo. El compuesto extraído es reposado durante un tiempo óptimo hasta lograr su completo enfriado y seguidamente clarificado. Posteriormente se concentra en diversos y distintos evaporadores de múltiples efectos, llegando a una óptima concentración. El concentrado obtenido pasa directamente a la precipitación con alcohol, seguidamente se separa, ocurre y exprimir, mayormente usan el método de la centrifugadora lo cual es más óptimo a la hora de separar compuestos de diferentes densidades (Yanarico, 2016).

Este compuesto es obtenido en función al alcohol, las propiedades que posee la pectina después del mecanismo empleado son muy beneficiosas, esto se debe a que el método ha sido empleado y conceptualizado por los diversos productores de pectina los cuales han adquirido a través de la experiencia de indagación manejos óptimos de solventes para la utilización en función a la extracción de dicho compuesto y precipitación.

Sin embargo, el gasto económico que presenta este mecanismo es demasiado debido al consumo excesivo de alcohol que se emplea en el procedimiento, así mismo también la operación en sí (Acuña, 1995).

Precipitación con acetona

Este mecanismo es algo parecido con el anterior, solo que tiene una pequeña no concordancia y se trata de que la floculación fibrilar es aún mucho más manipulable; debido a que este mecanismo existe una cantidad mayor de impurezas en la precipitación.

El único impedimento por el cual no se aplica este mecanismo es el gasto económico que representa en función a la acetona, así como también la obligación de tener que usar cloruro de sodio, para la precipitación (Acuña, 1995).

Proceso de obtención de pectina de la penca de tuna

Acondicionamiento de la materia prima

Todo empieza con la recepción de esta, posteriormente se pesa en una balanza analítica, seguidamente se lava y se corta en pedazos pequeños de 1 cm, esto más que todo con la finalidad de elevar el contacto por superficie.

Eliminación de residuos:

Estas pequeñas proporciones se le aplican agua en una proporción de 3 a 1, durante un tiempo de 10 minutos, posteriormente se le aplica calor en un rango de 70-80°C, por último, esto pasa por un filtrado con el fin de eliminar residuos no óptimos para el proceso de extracción.

Extracción:

En esta fase se le aplica agua destilada en una proporción óptima de 3 litros por cada 100 gramos de nopal teniendo en cuenta la temperatura adecuada entre un rango de 50 a 80°C, durante un tiempo de 60 minutos, este paso se debe aplicar a una agitación constante, esto más que todo para que no se sedimente y así no haya degradación.

Filtración:

En este paso lo único que se emplea es un papel filtro para retener el líquido y así eliminando los residuos no óptimos para el proceso.

Precipitación:

En la fase de precipitación se aplica alcohol al 96%, de preferencia etanol, en un tiempo aproximada de 60 minutos, este se le aplica lentamente con una agitación constante, posteriormente se le deja reposar por 60 minutos hasta que se enfríe el compuesto.

Filtración:

Después de finalizar el mecanismo de precipitación en la solución se pasa a un último filtrado y prensado, para la eliminación del líquido y así dejar sola a la pectina.

Secado:

La pectina obtenida es llevada a una estufa con una temperatura de 60°C en un tiempo de 8 horas, seguidamente se sometió a molienda y pesado de la muerte obtenida.



Figura 5: *Proceso de obtención de pectina de la penca de tuna.*

2.3. Definición de Términos básicos

Hidrocoloides.

Son compuestos de gran volumen que poseen una excelente atracción o afinidad en función al agua, en donde son más solubles por lo que su disolución es más óptima y así mismo cambiando la estructura de su reología.

Cladiolos.

La determinación de este término se conceptualiza a las hojas en donde es proveniente la tuna.

Mucilago.

Es un compuesto viscoso, la cual es muy susceptible al alcohol debido a que cuando entra en contacto con él se coagula, así mismo también tiene una apariencia espesa que se suele emplear y aplicar para la suspensión de diversos compuestos no solubles.

Salmuera.

Es una proporción determinada de agua con una elevada concentración de sales en sus soluciones, nos referimos mayormente al NaCl.

Esterificación.

Es el mecanismo por el cual se simplifica un Ester, éste posee propiedades derivadas de diversas reacciones las cuales originalmente son un ácido carboxílico y un alcohol.

Enzima.

Son microorganismos que tienen la finalidad de catalizar diversas reacciones químicas.

Solubilidad.

Es la medida en función a la capacidad que posee un compuesto para mezclarse con otro.

Hidrofílica.

Es la acción que posee un compuesto con el fin de tener afinidad con las moléculas de agua.

Hidrólisis.

Es una reacción normal y generalmente de ácido-base, en su mayoría se conoce como el agua y la sal.

Precipitación.

Es una sólida producción en una mezcla como resultado de cualquier reacción bioquímica, al proceso en si como al mecanismo en el cual se convierte se le denomina ese término.

2.4. Formulación de la Hipótesis**2.4.1. Hipótesis General**

Es probable evaluar la pectina extraída del mucílago de la tuna (*Opuntia ficus-indica*) en medio ácido.

2.4.2. Hipótesis Específica

- Se hace factible determinar el mejor tratamiento en medio ácido para la extracción de la pectina.
- Se hace factible la mejor temperatura para la extracción de la pectina en medio ácido.
- Se hace factible el mejor tiempo para la extracción de la pectina en medio ácido.

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño Metodológico

De acuerdo con la indagación y los informes realizados para la obtención de pectina, la parte empírica se efectuará en la UNJFSC, para ser más precisos en los laboratorios de la facultad de Ing. Química, así mismo también se contará con ayuda de otros laboratorios externos para análisis terciarios así fuera el caso.

3.1.1. Tipo de Investigación

Este proyecto de indagación es más que todo de tipo explicativa, debido a que se tiene que encontrar la relación existente entre la variable Evaluación de la extracción de pectina y en medio ácido, en función a los datos que se presenta, así mismo también es experimental debido a que se aplicara mecanismos de procesos para la obtención de dicho compuesto y una evaluación previa para su obtención.

3.1.2. Nivel

En función al nivel que se presenta la tesis es de nivel descriptivo -explicativo.

3.1.3. Diseño

El diseño que se le aplicara a esta tesis es experimental debido a que vamos a obtener pectina a partir de las hojas de nopal mediante un mecanismo empleado, y así mismo también comparándolos con otros resultados para ver la eficiente obtenida en esta, seguidamente se muestra en breve el diagrama de flujo de la obtención de pectina aplicado en el proceso.

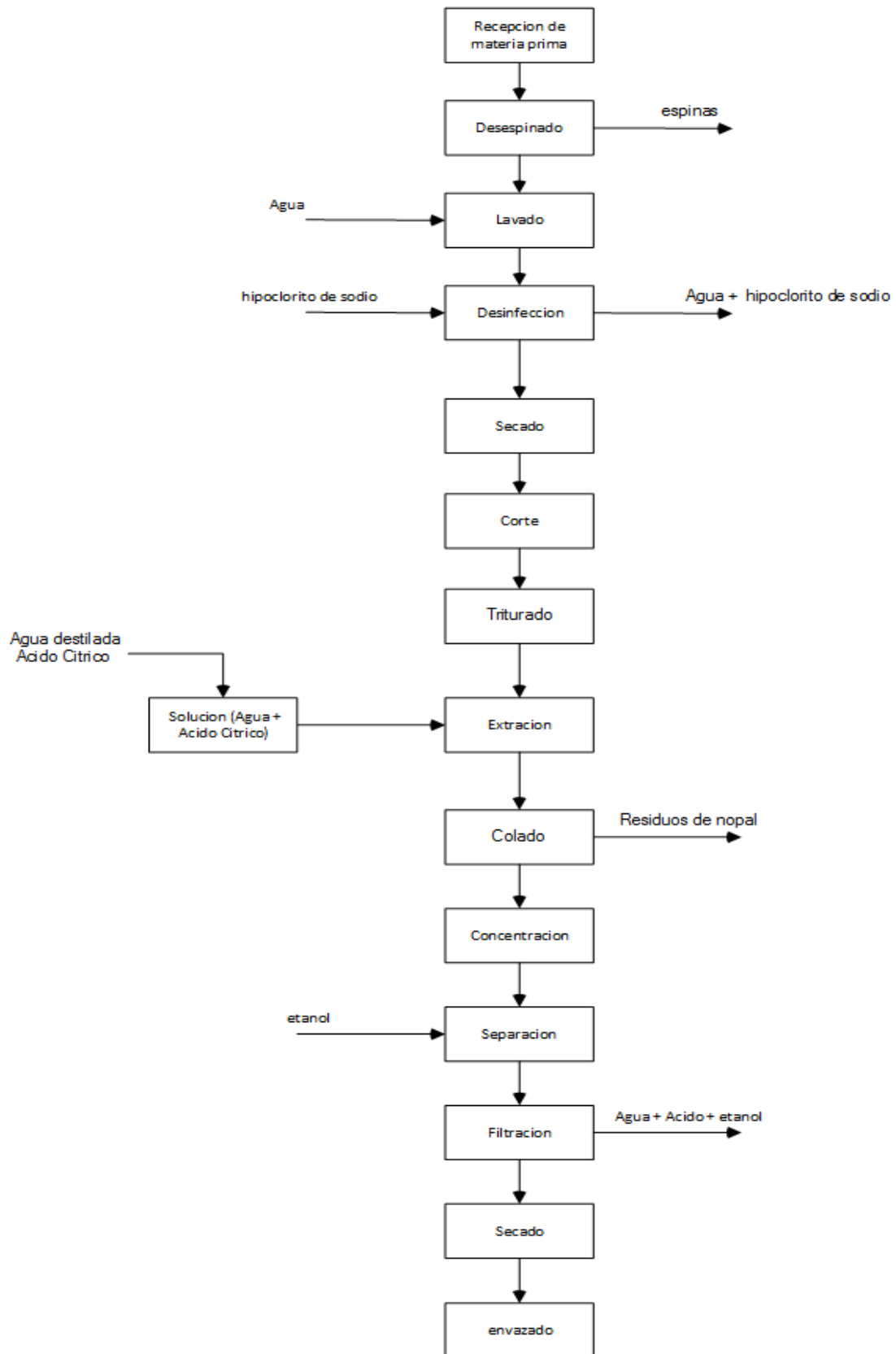


Figura 6. Diagrama de BFD de la extracción de pectina a partir del nopal.

3.1.4. Enfoque

En función a la naturaleza de indagación se prevé que es de tipo cuantitativo, deductivo y aplicado.

3.2. Población y Muestra

3.2.1. Población

La población constituida por las hojas de nopal obtenidos del mercado “La parada ubicada en el distrito de Huacho”.

3.2.2. Muestra

La muestra para el trabajo de investigación está constituida por 250 gramos de nopal extraídos para el estudio.

3.3. Técnicas e instrumentos para la obtención de datos

Para la obtención de datos en función a las técnicas empleadas así mismo también como las herramientas usadas, se aplicaron diversos métodos, esto más que todo para brindar un fácil uso a la hora de obtener datos así mismo también se emplearon la observación directa e información obtenida en fuentes primarias en función a la obtención de pectina.

Materiales y equipos

- Cocina
- Vasos de precipitado
- Balanza
- Termómetro
- Bageta
- EPP (guantes, mandil, gafas)
- Secador

Tabla 4. Descripción de los equipos empleados.

Etapas y/o Equipos	Descripción
Recepción	La penca de tuna se recepción y pasa a un almacén listo para ser tratada.
Cortado	En esta etapa las cortezas se cortan en trozos de 1 x 3 cm aprox.
Inactivación Enzimática	En esta etapa las cortezas se calientan con agua y luego se enfrían por inmersión a temperatura de ambiente. Al término de la operación las cortezas se prensan.
Hidrolisis	Las cortezas pretratadas se mezclan con una solución acuosa acida (Ácido cítrico + agua) con agitación lenta y constante. Luego se filtra.
Precipitación	El extracto se mezcla lentamente con etanol de 96°. Durante el mezclado se mantiene agitación homogénea.
Filtración	Los flóculos de pectina se separan en lienzo de algodón.
Secado	Los flóculos de pectina se llevan a un secador de bandejas, ajustando la T° del aire y el tiempo de secado.
Molienda	La pectina seca se reduce de tamaño en un molino de acero inoxidable o cerámico.
Tamizado	La pectina pulverizada se somete a elección por tamaño a través de una malla.
Almacenamiento	El polvo obtenido se pesa, se almacena en frascos de vidrio y se rotulan con el objetivo de llevarlas a pruebas de caracterización.

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas para el procesamiento de la información.

Las técnicas para emplear en el proceso de indagación será las herramientas básicas como el Microsoft Word, Excel y Visio para los diagramas BDF y de flujo, así mismo también aplicaremos la literatura para obtener aún más información sobre la extracción de pectinas.

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Caracterización fisicoquímica del nopal

En la siguiente tabla se presentan los resultados fisicoquímicos de las pruebas experimentales realizadas a las muestras tomadas del nopal. Estos parámetros fueron medidos en el laboratorio de Análisis instrumental de la Universidad Nacional José Sánchez Faustino Carrión.

Tabla 5 . *Parámetros fisicoquímicos del nopal.*

Parámetros	n	Media
Temperatura	8	23,5 °C
PH	8	3,66
Conductividad eléctrica	8	8,669 ms/cm
Absorbancia	8	588
Resistividad	8	144,88 ohm
TDS	8	4,156 ppt
Salinidad	8	3,077 ppt
Potencial redox	8	306,9 mv
Potencial redox relativo	8	308,18 mv

Fuente: Elaboración propia

4.2. Caracterización fisicoquímica del Ácido Cítrico

En breve se muestra los datos obtenidos a partir de los resultados en el laboratorio en función a las muestras del Ácido Cítrico diluido en 500 ml de H₂O utilizado para la extracción de la pectina.

Tabla 6. *Análisis fisicoquímico del ácido Cítrico diluido en 500 ml de Agua (pH 2).*

Parámetros	n	Media
Conductividad eléctrica	4	4,36 ms
TDS	4	2,17 ppt
Potencial redox	4	306,695 mv
Potencial redox relativo	4	299,405 mv

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. *Análisis fisicoquímico del ácido Cítrico diluido en 500 ml de Agua (pH 3)*

Parámetros	n	Media
Conductividad eléctrica	4	4,795 ms
TDS	4	2,085 ppt
Potencial redox	4	298,93 mv
Potencial redox relativo	4	299,48 mv

Fuente: Elaboración propia

4.3. Parámetros fisicoquímicos de la muestra a tratar

Los datos obtenidos a nivel empírico se muestran en función a las 4 muestras tomadas con el ácido cítrico respecto a la relación de agua: nopal, las cuales fueron 2:1.

Caracterización de la pectina-acido muestra con PH 2

Tabla 8: *Análisis fisicoquímico de la pectina-acido*

Parámetros	n	Media
Conductividad eléctrica	4	6,1713
TDS	4	2,94
Potencial redox	4	304,895
Potencial redox relativo	4	306,125

Fuente: Elaboración propia

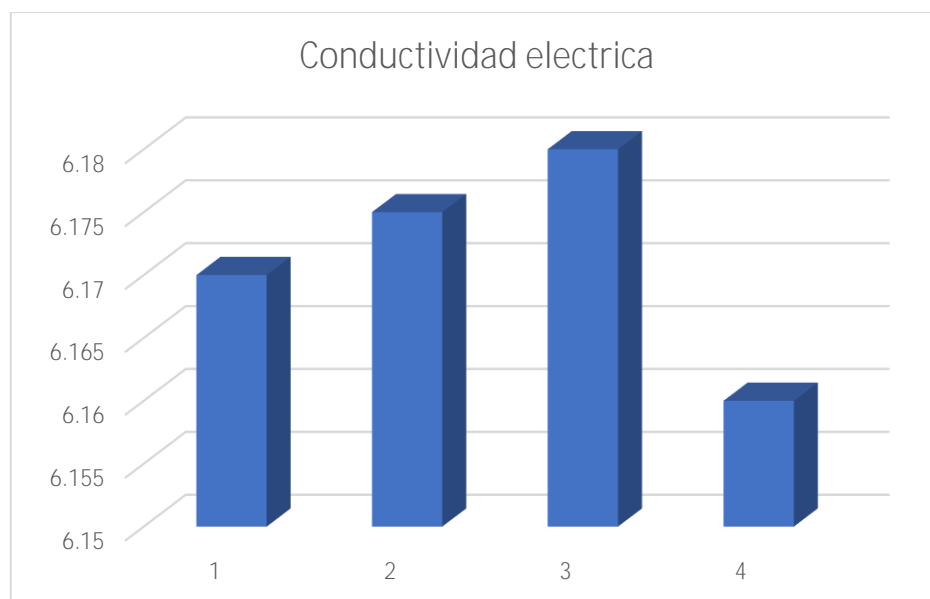


Figura 7. Conductividad eléctrica de las muestras con un pH de 2



Figura 8: Residuos sólidos totales de las muestras con un pH de 2

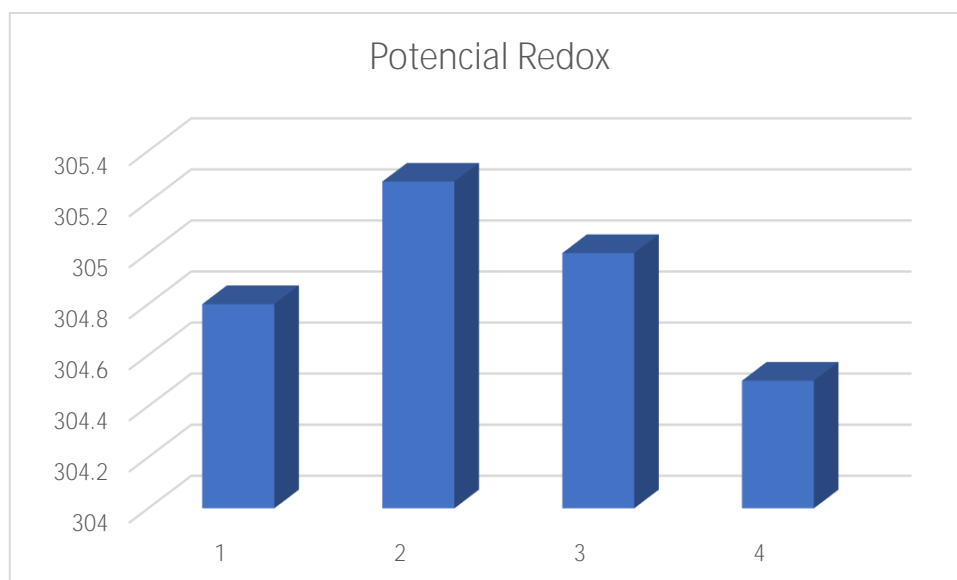


Figura 9: Potencial Redox de las muestras con un pH de 2

Caracterización de la pectina-acido muestra con PH 3

Tabla 9 : *Análisis fisicoquímico de la pectina-acido*

Parámetros	n	Media
Conductividad eléctrica	4	3,97 ms
TDS	4	2,24 ppt
Potencial redox	4	299,12 mv
Potencial redox relativo	4	300,6 mv

Fuente: Elaboración propia

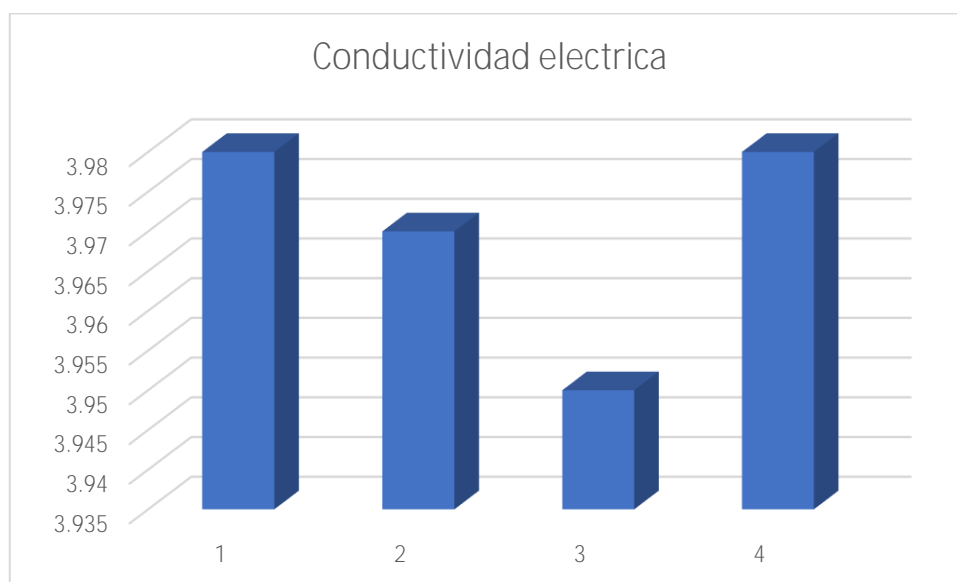


Figura 10: *Conductividad eléctrica de las muestras con un pH de 3.*



Figura 11: Residuos sólidos totales de las muestras con un pH de 3.



Figura 12: Potencial Redox de las muestras con un pH de 3.

Tabla 10 . *Cantidad de Acido empleado en cada muestra.*

	PH	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Ácido cítrico (gramos)	Normalidad
Muestra 1		20	[85°-90°]	12	1
Muestra 2		40	[85°-90°]	12	1
Muestra 3	2	20	[85°-90°]	12	1
Muestra 4		40	[85°-90°]	12	1
Muestra 1		20	[85°-90°]	12	1
Muestra 2	3	40	[85°-90°]	12	1
Muestra 3		20	[85°-90°]	12	1
Muestra 4		40	[85°-90°]	12	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: *Porcentaje de rendimiento.*

	PH	Tiempo (min)	% rendimiento
Muestra 1	2	20	0,1214
Muestra 2	2	40	0,1214
Muestra 3	2	20	0,1179
Muestra 4	2	40	0,15
Muestra 5	3	20	0,114
Muestra 6	3	40	0,132
Muestra 7	3	20	0,096
Muestra 8	3	40	0,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: *Densidad de la pectina-Acido.*

	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
Muestra 1	456,3	450	1,014
Muestra 2	461,7	450	1,026
Muestra 3	483,7	450	1,075
Muestra 4	457,8	450	1,017
Muestra 5	452,3	450	1,005
Muestra 6	463,7	450	1,037
Muestra 7	481,5	450	1,07
Muestra 8	453,2	450	1,007

Fuente: Elaboración propia.

Balance de Materia de las principales etapas por muestras:

Tabla 13. *Balance de materia de las principales etapas de la extracción de pectina*

	Recepción	Desespinado		Lavado y Desinfectado		Triturado		Extracción		Colado		Separación		Filtrado		Secado	
		Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Muestra 1	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	456,3 g	456,3 g	631,3 g	631,3 g	4,81 g	4,81 g	0,34 g
Muestra 2	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	461,7 g	461,7 g	636,7 g	636,7 g	5,43 g	5,43 g	0,34 g
Muestra 3	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	483,7 g	483,7 g	658,7 g	658,7 g	4,8 g	4,8 g	0,33 g
Muestra 4	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	457,8 g	457,8 g	632,8 g	632,8 g	3 g	3 g	0,42 g
Muestra 5	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	452,3 g	452,3 g	627,3 g	627,3 g	3,02 g	3,02 g	0,32 g
Muestra 6	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	463,7 g	463,7 g	638,7 g	638,7 g	3,81 g	2,81 g	0,37 g
Muestra 7	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	481,5 g	481,5 g	656,5 g	656,5 g	4,91 g	4,91 g	0,27 g
Muestra 8	280 g	280 g	268g	268g	260g	260g	250g	250g	750 g	750 g	453,2 g	453,2 g	628,2 g	628,2 g	2,88 g	2,88 g	0,28 g

Fuente: Elaboración propia.

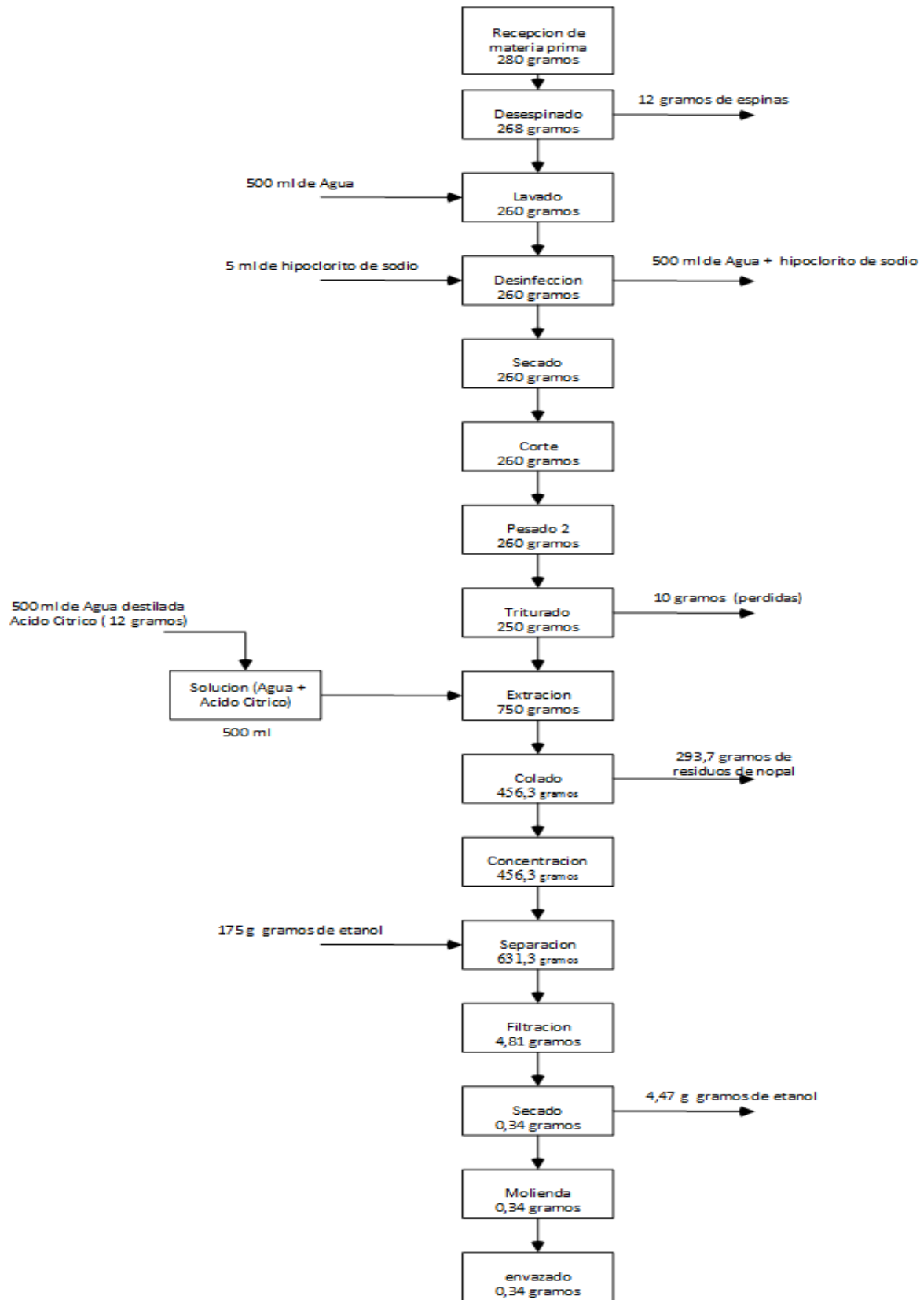


Figura 13. Balance de materia de la muestra 1.

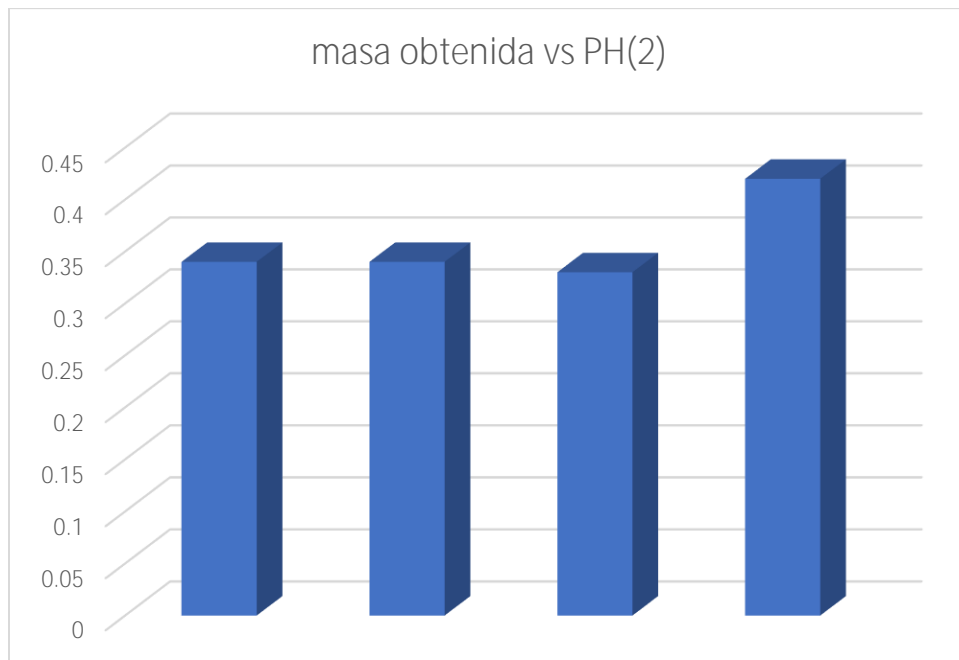
Balance de materia de la muestra 1.

Figura 14: masa obtenida en gramos (PH 2).

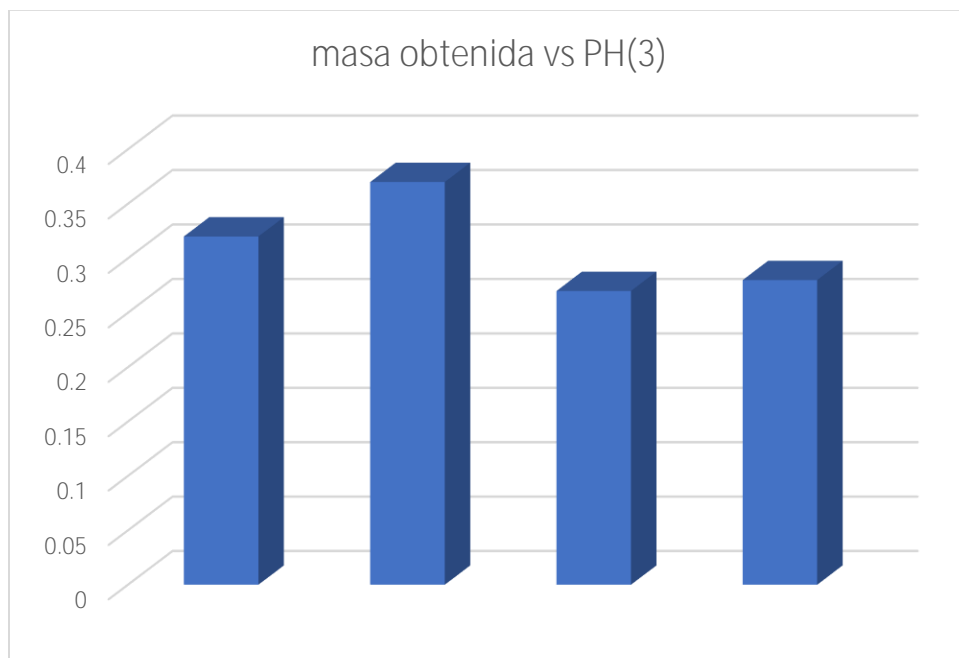


Figura 15: masa obtenida en gramos (PH 3).

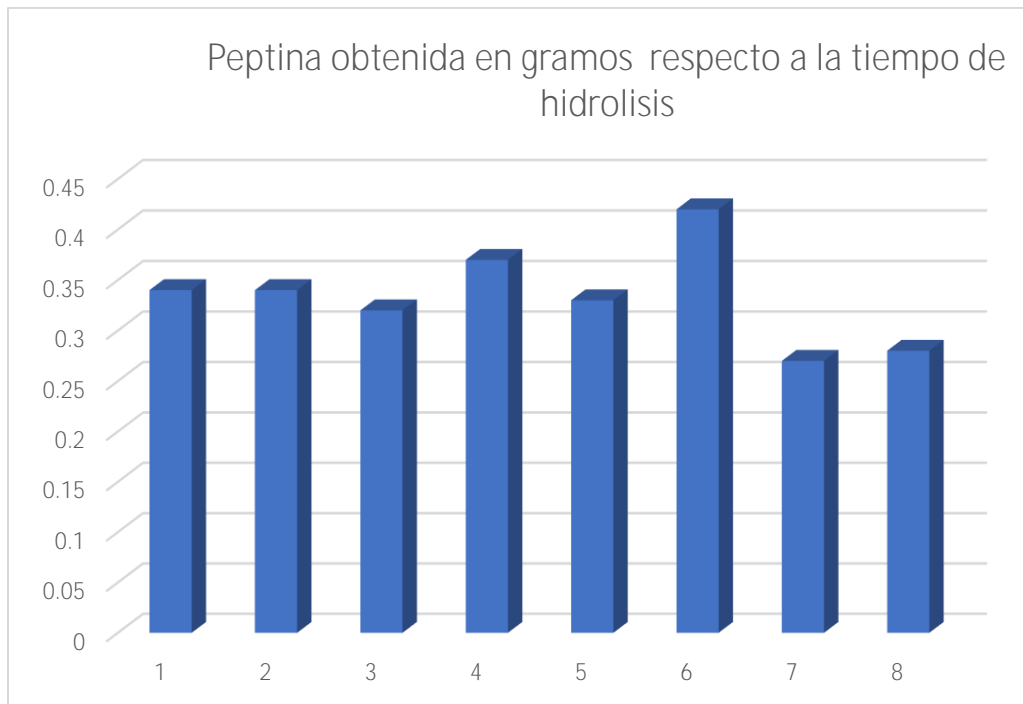


Figura 16: Pectina obtenida en Gramos.

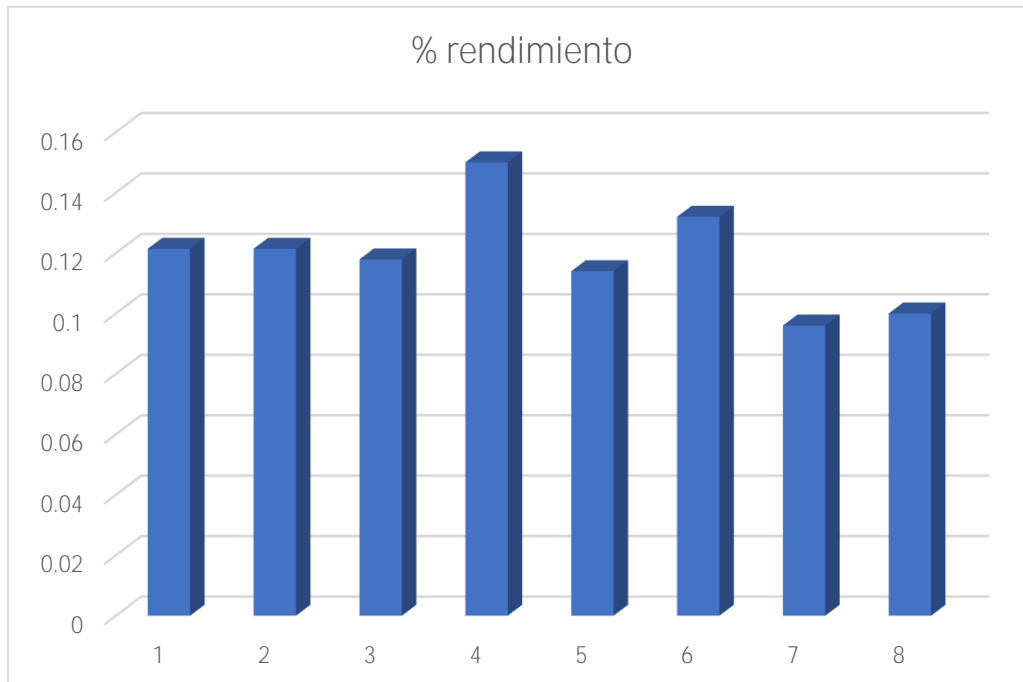


Figura 17: Porcentaje de rendimiento en cada muestra.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Discusión:

De acuerdo con los resultados reportados en la tabla número 1 y comparando con los resultados obtenidos en literatura. podemos señalar lo siguiente:

- El pH se encuentra por debajo de los valores obtenidos en la literatura por lo que las hojas de nopal deben ser consideradas como ácidas, además esto indicaría que existen una menor cantidad de pectina extraíble en esta.
- Con respecto a la conductividad del nopal frente a la literatura es mucho mayor.
- Los residuos totales existentes en el nopal indican que, a comparación de la literatura esta especie posee un menor porcentaje de Agua, por lo que el residuo sólido es mayor.
- Así mismo también a su vez este proyecto está de acuerdo con los datos obtenidos de (Chavez, 2008) , debido a la implicancia del método empleado de Hidrolisis Acida cuyos resultados fueron similares a pesar de que el material fue diferente.

5.2. Conclusiones

- Como primer punto podemos concluir que tanto los factores de tiempo y concentración del ácido cítrico influye significativamente en el rendimiento de la pectina obtenida, esto quiere decir que, a mayor concentración de ácido, mayor será el rendimiento, por lo contrario, mientras menos tiempo de hidrolisis tenga mayor será su rendimiento.
- En función a los diversos parámetros de estudios realizados, se determinar que la obtención de un óptimo rendimiento y calidad de la sustancia se establece en una temperatura de 85 ° C, con un tiempo de extracción de 20 minutos.

- Posteriormente realizado el análisis fisicoquímico de la materia prima en función al contenido acuoso se determina que el rendimiento se debe al poco contenido de sólidos presentes y así mismo también el elevado porcentaje de humedad que se aproxima al 85%.

5.3. Recomendaciones:

- Se aconseja seguir investigando otro mecanismo sobre la obtención de pectina y así mismo también realizar un análisis comparativo en función al rendimiento de la indagación.
- Otra recomendación importante sería caracterizar diversas materias primas en función al nopal esto más que todo por la gran variedad de nopal existente y así mismo compararlos con la investigación.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

6.1. Bibliografía:

Aldana Rivera, E. A. (2012). *"USO DEL EXTRACTO DE LA SEMILLA DE MORINGA OLEIFERA COMO COAGULANTE NATURAL PRIMARIO Y AYUDANTE DE COAGULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.*
Lima- Perú.

Almendarez de Quezada, N. (2004). *Comprobación de la efectividad del coagulante (cochfloc) en agua del lago mangua"piedras azules".* Nicaragua.

Aza, M., & Méndez, M. (2010). *Extracción de pectina de nopal (Opuntia Ficus Indica) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempo y estados de madurez.*
Ibarra- Ecuador.

Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la Investigación. Tercera edición.*

Cardenas Andía, Y. (2000). *Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación.* Lima- Perú.

Castillo, W. (2014). *Operaciones Agroindustriales I.* Chimbote . Peru: UNS.

Chavez, J. (2008). *Extracción de pectina a partir de cáscara de "naranja criolla" (Citrus aurantium L.) proveniente de la Provincia de Rodríguez de Mendoza.* Obtenido de <http://repebis.upch.edu.pe/articulos/invest.amazon/v3n1/a5.pdf>

Cruz Fierro, C.F. (2016). *Fenomenos de transporte .* Durango. Mexico: Instituto Tecnológico Durango.

Flores Salas, A. L. (2005). *Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica.* San Carlos. Guatemala: UNSCG.

Fluido no newtoniano. (2015, 03 19). Recuperado el 01 10, 2019, de [https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2015-03-19-](https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2015-03-19-Fluido%20no%20newtoniano.pdf)

[Fluido%20no%20newtoniano.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2015-03-19-Fluido%20no%20newtoniano.pdf)

Gerencia Regional Agraria de la Libertad. (2009). *Cultivo de tuna (Opuntia Ficus índica)*. Trujillo - Perú.

Jimenez Fernandez, E. E. (2014). *Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (opuntia ficus indica) a partir de diferentes métodos de extracción*. Tesis, Universidad de Chile, Santiago- Chile.

Lozada Carbajal, M. A. (2007). *Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cascara de tuna (Opuntia Spp)*.

Machuca Chiguano, A., Yopez Fajardo, J. (2009). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EXPERIMENTACIÓN DE UN VISCOSÍMETRO SAYBOLT*. RIOBAMBA. ECUADOR: ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA. CCHIMBORAZO.

Mirko Huaranga, A. (2014). *Evaluación de betaninas y actividad antioxidante en pulpa concentrada de tuna (Opuntia ficus indica) ecopio morado*. Huancayo- Perú.

Mueller Joerg, Uwe Thies. (1997). *Mejora de propiedades de aplicación técnica de pinturas*.

PERRY, J. H. (1963). *Chemical Engineers Handbook*, . N. Y. USA: 4th Ed., McGraw Hill.

Quispe Jimenez, H. G. (2012). “*Aplicación del mucílago extraído del nopal (OPUTIA FICUS-INDICA) en la clarificación de agua del rio Uchusuma*”. Tacna - Perú.

Rojas G. Orlando. (1999). *Introduccion a la Reologia*. Merdida. Venezuela: UCV.

Silva Casas, M. N. (2017). *Extracción del mucílago de la penca de tuna y su aplicación en el proceso de coagulación- floculación de aguas turbias*. Lima- Perú.

Torres Contreras, V. (2017). *Análisis del coagulante natural opuntia ficus con fines de implementación de una planta potabilizadora de agua en Chalhuanca, Apurímac, 2016*. Lima-Perú.

Yanarico Choquehuanca, M. A. (2016). *"Efecto de la adición de pectina obtenida de la penca de tuna(opuntia ficus- indica) en la calidad sensorial y propiedades texturales del pan frances*. Puno- Perú.

ANEXOS

Anexo I: Procedimiento:

Dicha investigación se basó en diversas etapas que se presentan en breve:

Etapa 1: Recepción de materia prima:

La obtención de materia prima se obtuvo principalmente del mercado conocido como la parada del distrito de Huacho. Se comenzó a recolectar en función a sus propiedades físicas las cuales eran color y tamaño.

Etapa 2: Desespinado:

Seguidamente se eliminaron las espinas encontradas en las hojas de nopal a través de pinzas teniendo mucho cuidado con no lastimar la epidermis para lo cual también se usó guantes.

Etapa 3: Lavado:

Se le aplicó agua a las hojas, la funcionalidad de esto era eliminar residuos que no contaminen al proceso de obtención de pectina.

Etapa 4: Desinfección:

Se sumergieron estas hojas en una solución de NaClO durante un tiempo de 10 minutos, esto más que todo con el fin de suprimir algún tipo de microorganismo existente en la hoja.

Etapa 5: Secado:

Seguidamente las hojas se dejaron secar en el entorno ambiental y así suprimir la humedad en la superficie de sus hojas, esto es de vital importancia debido a que con esto no se permitirá ninguna alteración al pH.

Etapa 6: Cortado:

Para el cortado se usó un cuchillo, el tamaño apropiado fueron de 1 cm, esto más que todo para facilitar el proceso de triturado.

Etapa 7: Triturado:

En esta fase se sometieron las hojas con una proporción adecuada de agua y seguidamente se aplicaron a la licuadora para su homogenización, esto es de vital importancia debido a la separación de la pectina a través de la hidrolisis acida.



Figura 18: *pesado de la muestra.*

Etapa 8: Extracción:

Al nopal triturado se añadió ácido cítrico a 1 normal llegando a un pH de 2, seguidamente se sometió a calor, siempre teniendo en cuenta que la temperatura no sobrepase los 90°C durante un tiempo de 40 minutos, la agitación debe ser proporcionada de manera constante este factor es principal debido a que permite que el calor suministrado se disperse en toda la solución.



*Figura 19.*Medición del pH



*Figura 20.*Medición de la temperatura

Etapa 9: Colado :

Lo obtenido seguidamente paso por un colador, esto más que todo con el fin de poder separar los residuos no servibles en el proceso del mucilago obtenido, posteriormente se pasó a pesar la muestra obtenida.



Figura 21. Colado de los residuos de Mucilago

Etapa 10: Separación:

Para esta etapa se empleó un 80% de etanol, en proporción a la cantidad concentrada, esto más que todo para precipitarlo, enseguida se formó dos compuestos diferentes, en la superficie estaba la pectina mientras que en la parte del fondo solo había trazas y compuestos solubles.



Figura 22. Separación pectina-residuo

Etapa 10: Filtrado

Seguidamente se volvió a filtrar en papel filtro esto mas que todo para obtener solamente la pectina.



Figura 23. Filtrado de la pectina

Etapa 11: Secado

Por ultimo las muestras pasaron por una mufla para su secado siempre teniendo en cuenta la cantidad proporcionada de calor lo cual esta se estabilizo en 50°C por un lapso de 6 horas, siempre controlando que no supere los 65°C, debido a su degradación, seguidamente se sometió a una molienda y envasado para su examinación.

Anexo II: Porcentaje de Humedad

Para calcular el porcentaje de humedad del nopal lo que hicimos fue someterlo a un horno a una temperatura del 80° C durante un tiempo de 5 horas.

$$\% = \frac{250 - 67.49}{250} = 0,73$$



Cálculos para hallar la normalidad de cada muestra para el hidrolisis a un PH de 2 y 3:

= _____

m = masa del ácido empleado

= numero de Hidrógenos

M = masa molecular del acido

V = volumen de la solución (litros)

Sabiendo que la masa molecular del ácido cítrico es ($C_6H_8O_7$) es 192,124 g/mol

Para un PH de 2:

$$= \frac{12}{192,124} \frac{8}{0,500} = 0,999 = 1$$

Para un PH de 3:

$$= \frac{12}{192,124} \frac{8}{0,500} = 0,999 = 1$$

Anexo III: Análisis del rendimiento:

Para esta variable se tomó datos al inicio y final del proceso de extracción. Se presentaron los valores del rendimiento para cada tratamiento en la etapa final.

Cálculos para hallar el rendimiento de cada muestra:**Muestra 1: PH 2; tiempo 20 minutos**

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,34}{280} 100$$

$$\% = 0,1214 \%$$

Muestra 2: PH 2; tiempo 40 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,34}{280} 100$$

$$\% = 0,1214 \%$$

Muestra 3: PH 2; tiempo 20 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,33}{280} 100$$

$$\% = 0,1179 \%$$

Muestra 4: PH 2; tiempo 40 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,42}{280} 100$$

$$\% = 0,15 \%$$

Muestra 1: PH 3; tiempo 20 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,32}{280} 100$$

$$\% = 0,114 \%$$

Muestra 2: PH 3; tiempo 20 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,37}{280} 100$$

$$\% = 0,132 \%$$

Muestra 3: PH 3; tiempo 20 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,27}{280} 100$$

$$\% = 0,096\%$$

Muestra 4: PH 3; tiempo 20 minutos

$$\% = \frac{\quad}{\quad} 100$$

$$\% = \frac{0,28}{280} 100$$

$$\% = 0,1 \%$$