

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ÁNDRES

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



TRABAJO DIRIGIDO

**EXTRACCION DE LA PECTINA A PARTIR DE LA
CASCARILLA DE CACAO EN LA FÁBRICA DE CHOCOLATES
Y DULCES CÓNDOR S.R.L.**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO QUÍMICO

POSTULANTE: Univ. CARMINIA ARACELY FLORES YUJRA

TUTOR: Ing. ARMENIO SILVA MANZANEDA

LA PAZ – BOLIVIA

JUNIO, 2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

Este trabajo fruto de mi esfuerzo y constancia va dedicado con mucho amor a mis padres: **Rosario Yujra Quisbert** y **Max Flores Jauregui** por brindarme todo su apoyo, comprensión y sobre todo brindarme el amor de padres.

Gracias por haber fomentado en mí el deseo de superación y el anhelo de triunfo en la vida, siempre he recibido de ustedes la palabra de aliento que me dio la fuerza para seguir luchando.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por brindarme salud y guiar mi camino.

A mis padres Rosario Yujra Quisbert y Max Flores Jauregui por haberme dado la vida, por mi crianza, por los valores inculcados, por su apoyo incondicional en todas mis aventuras y por el apoyo en toda mi etapa universitaria. Gracias por ser mi pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanas Shirley y Cielo por confiar en mí, por brindarme todo su amor, por el apoyo en los buenos y malos momentos.

A la Facultad de Ingeniería UMSA y a los docentes de la Carrera de Ingeniería Química por permitirme convertirme en un profesional en lo que tanto me apasiona.

Agradecer a mi tutor el Ing. Armenio Silva Manzaneda por su dedicación, tiempo, colaboración y brindarme todos sus conocimientos para el desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del tribunal Alfredo Álvarez Cossio y Eduardo Ivernizzi Belmar, por brindarme su dedicación, asesoramiento y acompañamiento para el desarrollo del presente trabajo.

Al Lic. Jaime Gonzales Cuentas Gerente General de la Fábrica de Chocolates y Dulces Cóndor S.R.L. por su colaboración, dedicación, por abrirme las puertas de la Fábrica para poder realizar mis pasantías y culminar el presente trabajo.

Al Univ. Reynaldo Huañapaco Marca por su apoyo en los buenos y malos momentos, porque ha compartido conmigo toda la etapa de la formación profesional.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es extraer la pectina a partir de las cascarillas de cacao en la Fábrica de Chocolates y Dulces Cóndor S.R.L.

En la extracción de la pectina se realiza la caracterización de la materia prima (cascarilla de cacao) en base a normas bolivianas NB 326006 “Chocolates y derivados”, se determinó identificar los parámetros que influyen en la extracción mediante pruebas preliminares y con el programa Design-Expert 12. Además, con el programa Design-Expert 12. se identificó las mejores condiciones a través del diseño experimental, con las variables independientes (pH y Temperaturas) y variable dependiente (Rendimiento de la pectina). Con el análisis descrito se obtuvo la pectina a temperatura de 85°C y un pH de 3.5 llegando a tener características de una pectina de uso para industrias alimentarias.

Se realiza la caracterización fisicoquímica del producto final (pectina) obteniendo valores descritos dentro de las normas Internacionales Organizaciones De Las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO), la pectina se identificó como pectina de alto metoxilo, por la cantidad de metoxilo presente 10,01%, con un grado de pureza 77,91% (Acido Galacturónico) y con un 72,89 % (Grado de Esterificación). También para su conservación se realizó análisis 10,38% (Humedad), 8,7% (Cenizas) y 0,37% (Grasas).

Palabras claves: Pectina, Chocolate, alto metoxilo, Internacionales Organizaciones De Las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO).

ABSTRACT

The objective of this work is to extract pectin from cocoa husks at the Fábrica de Chocolates y Dulces Cóndor S.R.L.

In the extraction of pectin, the characterization of the raw material (cocoa husk) is carried out based on Bolivian standards NB 326006 "Chocolates and derivatives", it was determined to identify the parameters that influence the extraction through preliminary tests and with the designed program.-Expert 12. In addition, with the Design- Expert 12 program, the best conditions were identified through the experimental design, with the independent variables (pH and temperatures) and dependent variable (pectin yield) with the described analysis the pectin at a temperature of 85°C and a pH of 3.5, having characteristics of a pectin for use in food industries.

The physicochemical characterization of the final product (pectin) is carried out, obtaining values described within the International standards of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO), the pectin was identified as high methoxyl pectin, due to the amount of methoxyl present. 10.01%, with a purity degree of 77.91% (Galacturonic Acid) and 72.89% (Esterification Degree). Also for its conservation, analysis was carried out at 10.38% (Humidity), 8.7% (Ashes), and 0.37% (Fast).

Keywords: pectin, Chocolate, high methoxyl, International standards of the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO).

CONTENIDO

CAPITULO I	1
1 GENERALIDADES.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Diagnostico	2
1.3. Planteamiento del problema.....	2
1.4. Objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos Específicos	3
1.5. Justificaciones	3
1.5.1. Justificación Académica	3
1.5.2. Justificación Técnica	3
1.5.3. Justificación Económica	3
1.5.4. Justificación Social	3
1.5.5. Justificación Ambiental	3
CAPÍTULO II.....	4
2 MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. CHOCOLATES Y DULCES CÓNDOR S.R.L.	4
2.1.1. Historia de la empresa	4
2.1.2. Ubicación de la empresa.....	6
2.2. El cacao	6
2.3. Tipos de cacao.....	9
2.3.1. Cacao criollo o dulce	9
2.3.2. Cacao amargo o forastero	9
2.3.3. Cacao variedad trinitaria.....	10
2.4. La cascarilla de cacao	11
2.5. Beneficios	12
2.6. Pectina.....	12
2.6.1. Estructura.....	13
2.6.2. Degradación de la pectina.....	16
2.6.3. Tipos de pectina.....	18
2.6.4. Propiedades de la pectina	19

2.6.5.	Mecanismo de gelificación de la pectina.....	20
2.6.6.	Uso de la pectina.....	21
2.6.7.	La pectina en Bolivia.....	21
CAPÍTULO III.....		23
3	MARCO EXPERIMENTAL.....	23
3.1.	Lugar de ejecución.....	23
3.2.	Metodología de investigación.....	23
3.3.	VARIABLES DE ESTUDIO.....	23
3.3.1.	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	23
3.3.2.	VARIABLES DEPENDIENTES.....	23
3.4.	Descripción de Materiales, Equipos y Reactivos.....	24
3.4.1.	Materiales.....	24
3.4.2.	Equipos.....	24
3.4.3.	Reactivos.....	25
3.5.	Metodología Experimental.....	25
3.5.1.	Caracterización de la materia prima.....	25
3.5.2.	Extracción de la pectina.....	26
3.6.	Caracterización Química y Física de la pectina obtenida.....	30
3.6.1.	Determinación de peso equivalente.....	30
3.6.2.	Determinación de acidez libre.....	30
3.6.3.	Porcentaje de metoxilo.....	31
3.6.4.	Grado de ácido galacturónico.....	32
3.6.5.	Grado de esterificación.....	33
3.6.6.	Grado de gelificación.....	33
3.7.	Análisis Proximal.....	34
3.7.1.	Humedad.....	34
3.7.2.	Cenizas.....	35
3.7.3.	Grasas.....	35
3.8.	Análisis estadístico.....	36
3.8.1.	Diseño experimental.....	36
3.8.2.	Análisis (ANOVA).....	37
CAPÍTULO IV.....		38

4	CÁLCULOS Y RESULTADOS	38
4.1.	Caracterización de la materia prima	38
4.1.1.	Características de la cascarilla (Theobroma).....	38
4.1.2.	Caracterización de la cascarilla de cacao (Theobroma)	39
4.2.	Análisis estadístico.....	39
4.2.1.	Ensayos preliminares de la extracción de la pectina del cacao	39
4.3.	Diseño y análisis (ANOVA)	43
4.4.	Análisis de caracterización química y física de la pectina.....	49
4.4.1.	Peso Equivalente y Acidez Libre.....	50
4.4.2.	Porcentaje de Metoxilo y grado de esterificación	54
4.4.3.	Ácido Galacturónico.....	58
4.4.4.	Gelificación de la pectina	60
4.4.5.	Humedad.....	62
4.4.6.	Cenizas.....	63
4.4.7.	Grasas	63
CAPÍTULO V.....		65
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1.	Conclusiones.....	65
5.2.	Recomendaciones	67
6	BIBLIOGRAFÍA.....	68
7	ANEXOS.....	72
7.1.	ANEXO I: Caracterización	72
7.2.	ANEXO II: Procedimiento de la extracción	79
7.3.	ANEXO III: Pruebas preliminares.....	83

INDICE DE TABLAS

Tabla1	Diferencias entre el cacao Criollo y el Forastero	11
Tabla2	Parámetro de metoxilo según normativa	32
Tabla3	Parámetro de ácido galacturónico según normativa	32
Tabla4	Parámetro de grado de esterificación según normativa	33
Tabla5	Parámetro de gelificación según normativa.....	34
Tabla6	Valores internacionales humedad pectina.	34
Tabla7	Datos cenizas pectina.....	35
Tabla8	Datos grasas pectina.	36
Tabla9	Características de la cascarilla de cacao (Theobroma).....	38
Tabla10	Caracterización de la cascarilla de cacao (Theobroma)	39
Tabla11	Resultados de ensayos preliminares	41
Tabla12	Análisis preliminares.	42
Tabla13	Coefficientes de correlación preliminar.....	42
Tabla14	Datos de rendimientos obtenidos.....	44
Tabla15	Análisis de varianza para la extracción de la pectina.	45
Tabla16	Coefficientes de correlación para la extracción de la pectina.....	46
Tabla17	Caracterización química y física de la pectina	49
Tabla18	Caracterización Peso equivalente y Acidez libre	50
Tabla19	Caracterización porcentaje de metoxilo de la pectina	54
Tabla20	Caracterización Acido Galacturónico de la pectina	58
Tabla21	Grado de gelificación de la pectina	61
Tabla22	Humedad en la pectina	62
Tabla23	Cenizas en la pectina	63
Tabla24	Grasas en la pectina	64

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1	Datos de importaciones de la pectina en Bolivia.....	22
Grafico 2	Pareto	46
Grafico 3	Rendimiento vs Temperatura.....	47
Grafico 4	Rendimiento vs pH	48
Grafico 5	grafica del diseño en 3° Dimensión	48
Grafico 6	Diagrama de Pareto de porcentaje de Metoxilo	56
Grafico 7	Rendimiento vs Temperatura.....	83
Grafico 8	Rendimiento vs Tiempo	83
Grafico 9	Rendimiento vs pH	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Layaout de la Empresa	5
Figura 2	Ubicación de la fábrica.....	6
Figura 3	El cacao en Bolivia.....	8
Figura 4	Cacao criollo o dulce	9
Figura 5	Cacao Amargo o forastero.....	10
Figura 6	Cacao trinitario	10
Figura 7	Cascarilla de cacao	12
Figura 8	Estructura molecular de la pectina.....	14
Figura 9	Parte de una cadena de pectina	14
Figura 10	Desesterificacion / Saponificación	17
Figura 11	Hidrólisis	17
Figura 12	β -eliminación.....	17
Figura 13	Pectina de alto Metoxilo.....	19
Figura 14	Pectina de bajo metoxilo.....	19
Figura 15	Cascarilla de cacao (Theobroma).....	27
Figura 16	Extracción de la pectina.....	28
Figura 17	filtración de la mezcla hidrolizada.....	28
Figura 18	Precipitación de la pectina.....	29
Figura 19	Purificación y secado de la pectina.....	30
Figura 20	Peso equivalente y acidez libre.....	31
Figura 21	Viraje en el color de la solución pécticas.	32
Figura 22	Secador	35
Figura 23	Equipo extractor soxhlet.....	36
Figura 24	Cascarilla	38
Figura 25	Titulación Peso Específico y Acidez Libre.	51
Figura 26	Pectina a 65 C y pH 3,5	51
Figura 27	Pectina a 75 C y pH 2,5- 3,5.....	52
Figura 28	Pectina a 85 C y pH 2,5, 3,5.	53
Figura 29	Porcentaje de metoxilo y acido galacturónico	55

Figura 30	Resultados de la gelificación de la pectina.....	61
Figura 31	materia prima y inactivación de enzimas	79
Figura 32	Lavar y Molienda de la cascarilla.....	79
Figura 33	Extracción de la pectina y Extracción de la pectina 2	80
Figura 34	Filtración y Filtración 2	80
Figura 35	Separación y Purificación.....	81
Figura 36	Secado y Secado 1	81
Figura 37	Pulverizar y Pulverizar en el mortero	82
Figura 38	Envasar y Envasar1	82
Figura 39	Tiempo:45-110 Min. Temperatura: 30-100°C ph:1-3	84

CAPITULO I

1 GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

La producción de cacao en Bolivia se remonta a la época precolonial. La implementación de los sistemas agroforestales con cacao es relativamente reciente, data de hace más de 40 años, cuando en 1961 el Instituto Nacional de Colonización introdujo semillas de cacao híbrido de Ecuador a Trinidad y Tobago en la región de Alto Beni. Posteriormente, en 1977, la cooperación internacional inició su apoyo a la cooperativa chocolatera en la región productora del cacao. A partir de los años 90 se fue visibilizando la importante producción del departamento del Beni, en una variedad de cacao de origen silvestre. Paulatinamente se fueron conociendo iniciativas en otros departamentos y regiones como en el trópico cochabambino, en Riberalta, en Urubichá y Ascensión de Guarayos en Santa Cruz, en Carmen del Emero en el norte paceño y Rurrenabaque.

Para la elaboración del chocolate se necesita como materia prima la pepa de cacao, azúcar, manteca de cacao, leche en polvo y algunos aditivos. Los procesos de elaboración son: recepción de la materia prima (pepa de cacao), seguida por la selección del grano evitando las impurezas luego por el proceso crítico que es el tostado de cacao a temperaturas altas, etapa que requiere un control eficaz para eliminar o minimizar un peligro para la seguridad alimentaria seguido del triturado y descascarillado. Para luego proceder a la separación de la cascarilla de la pepa, esta pepa pelada se lleva a molienda para adquirir el licor de cacao, para proseguir con el amasado y mezcla de aditivos, posteriormente se lleva al refinado para reducir el tamaño de las partículas de la masa hasta 25-30 micras. y finalmente se lo lleva al conchado donde se desarrollará los aromas más preciados del chocolate, el sabor, finura y también la forma en que se derrite en la boca.

La fábrica de Chocolates y Dulces Cóndor de Gonzáles Cuentas Hnos. S.R.L., fue fundada el 28 de febrero de 1960 por Francisco Gonzales, en ese entonces se llamaba Kuntur y funcionaba como un taller de mazapán, con el transcurso del tiempo el fundador decidió emprender una empresa dedicada a la chocolatería.

En el galpón B de la fábrica de chocolates se encuentra el área de tostado y triturando. En esta área se separa la pepa de la cascarilla por los procesos mencionados, llegando a obtener la cascarilla de cacao esta se regala o desecha en los botaderos, aproximadamente por semana se desechan 24 sacos de cascarilla, cada saco pesa 13,5 kg.

En la fábrica existe una demanda de pectina para el proceso de obtención de los productos a base de chocolate, actuando como gelificante, espesante o estabilizante.

La empresa consume 200 kg anuales de pectina que se compra de importadoras legalmente establecidas en el país debido a la pandemia, hubo una escasez de este aditivo ocasionando que algunos productos ya no se puedan elaborar.

1.2. Diagnostico

En la fábrica de Chocolates y Dulces Cándor legalmente establecida se dedica a la producción de chocolates y dulces, como materia prima se utiliza la pepa de cacao y como insumos azúcar, manteca y pectina. En cuanto a la pepa de cacao por semana se preparan en promedio de 30 sacos, de estos se desechan 24 sacos de cascarillas, cada saco de pepa de cacao pesa aproximadamente 46 kg. y el saco de cascarilla pesa 13,5 kg, los residuos se desechan al botadero municipal o se regala, esto evita la acumulación de residuos y que se deteriore generando olores fétidos.

Las cascaras de cacao presentan cantidades importantes de pectina por este motivo se pretende aprovechar las cascarillas desechadas para poder obtener pectina y que sea utilizada por la empresa o siendo comercializada por la misma.

1.3. Planteamiento del problema

Por lo expuesto el siguiente proyecto pretende aprovechar las cascarillas de cacao que son desechadas para la obtención de pectina a través del proyecto de grado extracción de la pectina a partir de la cascarilla de cacao en la Fábrica de Chocolates y Dulces Cándor.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Extraer la pectina obtenida de la cascarilla de cacao (*Teobroma Cacao L.*) por el método de hidrólisis ácida.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima.
- Identificar los parámetros.
- Identificar las mejores condiciones a través del diseño experimental.
- Caracterizar el producto obtenido.

1.5. Justificaciones

1.5.1. Justificación Académica

Es necesario poner en práctica todos los conocimientos que se ha adquirido durante la formación académica de las carreras de ingeniería química, en este proyecto se aplicara diversas operaciones.

1.5.2. Justificación Técnica

Es importante para el desarrollo de productos que se adapten a sus necesidades aplicando tecnologías de producción. Las técnicas y equipos que se emplean en siguiente proyecto son determinados y concretos para cada proceso.

1.5.3. Justificación Económica

En las fábricas cocoteras solo se aprovecha económicamente la semilla (pepa) y la cascarilla es desechada. El añadirle un valor agregado a residuos que se producen en las fábricas generan recursos para la fábrica.

1.5.4. Justificación Social

Con el proyecto si llega a obtener buenos resultados daría pie a empleos en la empresa y para la sociedad, además de preservar su existencia en la sociedad.

1.5.5. Justificación Ambiental

Se pretende aprovechar los residuos para dar una utilidad a los desechos de las cascarillas de cacao y aportar en reducir el impacto ambiental.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1.CHOCOLATES Y DULCES CÓNDOR S.R.L.

2.1.1. Historia de la empresa

El 28 de febrero de 1960, el señor Francisco Gonzales fundo lo que hoy en día es CHOCOLATES CONDOR tras inscribir su empresa unipersonal en las oficinas de la renta interna.

Don Pancho, Disfruto de la compañía de su madre hasta los 12 años de edad, y sin otro pariente emprendió su vida asolas. Culmino sus estudios por voluntad propia en un colegio nocturno. Paso muchos cursos incluyendo tecnología en chocolate. En la década de los 50 tras desempeñar una gran labor en una de las grandes empresas de chocolates en Lima Perú.

En los años 1995, Don Francisco retorna a la ciudad de La Paz. Bolivia con la idea de emprender en confitería y chocolatería a la cual llamo Kuntur el primer producto fue el mazapán de almendra. Con el pasar de los años don francisco decidió elaborar los chocolates y dejar de producir el mazapán. Los primeros productos fueron cigarritos, barritas de fruta, bollos, y los traguitos.

En la actualidad Chocolates Cóndor cuenta con más de 50 productos (beso de negro, sabroso, bombones, risoffiato, chips de chocolate y chocolate blanco, puritos, cigarritos, diversidad de grageas y otros), agrupados en 7 líneas (línea de Grageado, Bañado, bollo, risoffiato, instantáneo, figuras y Chips), hoy en día la Fábrica de Chocolates y Dulces "Cóndor" de Gonzáles Cuentas Hnos. S.R.L. se ha convertido en el punto meridiano de la chocolatería boliviana. Con más de 70 empleados distribuidos en 2 turnos, la fábrica se divide por galpones: A, B, C y D. Chocolates Cóndor utiliza como materia prima la pepa de cacao con una producción de aproximadamente 75000 a 82800 kg anuales.

En la figura 1 se observa las divisiones de las diferentes líneas de producción en galpones A, B, C y D.

Figura 1 Layout de la Empresa



Fuente: Chocolates Cándor.

Galpón A: Almacén de la materia prima.

Galpón B: Producción de chocolate.

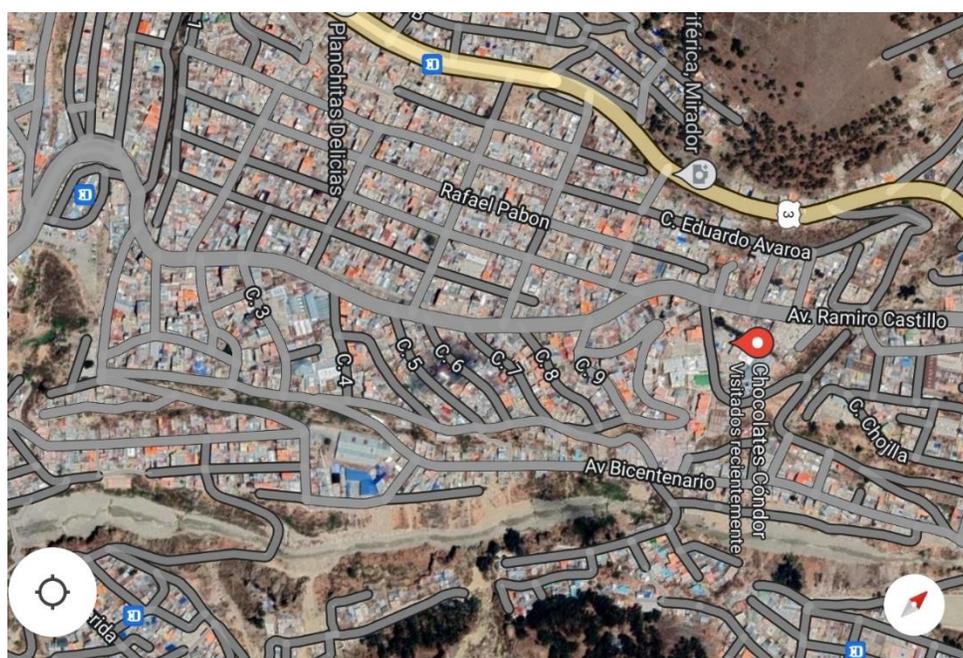
Galpón C: Producción de grajeado y bañado.

Galpón D: Área de envasado.

2.1.2. Ubicación de la empresa

La fábrica de Chocolates y Dulces Cóndor S.R.L. se encuentra ubicada en la Zona Villa el Carmen, Calle 10 N ° 35 en la ciudad de La Paz – Bolivia.

Figura 2 Ubicación de la fábrica



Fuente: Google Maps

2.2. El cacao

El cacao es un árbol procedente de América que produce un fruto que se puede utilizar como ingrediente para alimentos destacándose en el chocolate. Su uso se remonta a la época de los mayas, aztecas e incas, y desde entonces se ha usado tanto para fines nutricionales como médicos debido a su composición hidratos de carbono proteínas, que contienen magnesio, fosforo, potasio, teobromina, cafeína, antioxidantes y agua, entre otros.

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Bolivia se dispersa en las zonas tropicales y sub tropicales de los departamentos de La Paz, Beni, Pando, Cochabamba y Santa Cruz, donde las tipologías de cacao (plantaciones, sistemas agroforestales, agrobosques, etc.) presentan diversos grupos genéticos, entre los cuales se tiene al cacao en forma silvestre, bajo la denominación de cacao nacional boliviano (July, 2007).

En Bolivia, existen alrededor de 14.884 hectáreas cultivadas de cacao foráneo y 12.115 de cacao de origen silvestre. Con la implementación del Programa Nacional de Apoyo a la Producción y Recolección de Cacao, que impulsa el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, se espera incrementar la producción en los próximos tres años. En el caso del cacao foráneo o cultivado, de 3,3 quintales por hectárea a 12 quintales, y en cuanto a cacao silvestre, de 1 quintal por hectárea a 1,5 quintales.



Figura 3 El cacao en Bolivia



Fuente: Cacao y Derivados, 2016

Por otra parte, el coordinador del Programa Nacional de Cacao, Richard Arguedas, informó que alrededor de 9.000 familias de pequeños productores campesinos e indígenas se dedican a la producción de cacao a nivel nacional, destacando el caso de la producción de cacao silvestre como una alternativa económica para las familias indígenas. / (ABI 2022)

2.3. Tipos de cacao

Hay 3 variedades de cacao: criollo o dulce, cacao amargo o forastero y cacao variedad trinitaria.

2.3.1. *Cacao criollo o dulce*

Llamado cacao noble o fino, se desarrolla en las zonas altas y lluviosas, dan en menor rendimiento esto debido a que son susceptibles a enfermedades. Es originario de Centroamérica, Colombia y Venezuela. Su producción solo es del 5% es mas buscado y valorado esto debido a su gran calidad el cacao es muy aromático y con bajo contenido en taninos (sustancia amarga) este cacao se utiliza en la elaboración de los chocolates más finos. (Cacao y derivados,2018)

Figura 4 Cacao criollo o dulce

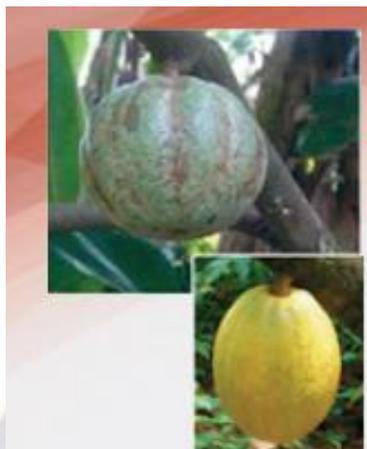


Fuente: Cacao y derivados

2.3.2. *Cacao amargo o forastero*

También conocido como cacao campesino, es el más cultivado a nivel mundial en un 90% esto se debe a su mayor rusticidad, ya que el grano tiene una cascara gruesa y es resistente, pero es poco aromático originario de América del sur cultivados en mayor cantidad en las regiones de África y Brasil. (Cacao y derivados,2018)

Figura 5 Cacao Amargo o forastero



Fuente: Cacao y derivados

2.3.3. *Cacao variedad trinitaria*

Es un híbrido entre los anteriores su combinación formo un grano de sabor más fino que el criollo representa el 5% y procede de la isla de trinidad básicamente en las mismas zonas del cacao criollo. (Cacao y derivados,2018)

Figura 6 Cacao trinitario



Fuente: Cacao y derivados

El cacao boliviano se encuentra entre los mejores 50 del mundo, según la primera selección de los Internacional Cacao Awards 2019. (Conversi G, 2022)

Tabla1 Diferencias entre el cacao Criollo y el Forastero

	CRIOLLO	FORASTERO
Árbol	Débil y pequeño	Robusto y grande
Hojas	Grandes, color verde oscuro	Pequeñas, color verde claro
Mazorcas	Forma angoleta	Calabacillo
Cascara	Fina y suave	Gruesa y dura
Superficie	Rugosa	Lisa
Almendras	Blancas, rosado y redondeada	Pigmentadas, violeta oscura y plana
Plagas	Susceptible	Tolerantes
Sabor	Fino	Ordinario
Adaptación	Pobre y limitada	Muy buena

Fuente: FAOSTAT

2.4. La cascarilla de cacao

La cascarilla de cacao es parte del fruto cacao, es la capa que cubre al grano de cacao esta es responsable del sabor y el aroma del mismo y tiene múltiples propiedades que lo alejan de ser un simple desecho es aquí donde se encuentran la mayor parte de sus propiedades medicinales y terapéuticas. Esta cascarilla llega a contener menos grasa que el grano.

Su uso:

- En alimentación humana ya que es rica en magnesio, ácidos oleico y linoleico.
Vitaminas y pectinas
- En animales como suplemento nutricional
- Abono orgánico

Un estudio realizado en el Centro de investigación de alimentación y desarrollo (CIAD) indico que la cascarilla del grano de cacao podría ser utilizada en el desarrollo de alimentos funcionales, por sus propiedades antihipertensivas, antidiabetologicas y antioxidantes. (Vargas L, 2022)

Figura 7 Cascarilla de cacao



Fuente: CHOCOLATES CONDOR S.R.L.

2.5. Beneficios

Como alimento el cacao presenta aportes nutritivos como vitamina A, vitamina B, el calcio, el hierro o el cobre. En los últimos años se realizaron estudios que demostraron que el cacao tiene propiedades saludables, especialmente en el sistema cardiovascular ya que el cacao contiene antioxidantes (flavonoides) que también benefician a las células.

Mejora el estado de ánimo en estudios se determinó el consumo mejora la actividad cognitiva en personas este efecto se debe a que el cacao contiene teobromina, la feniletilamina y serotonina, estas ayudan a liberar endorfinas y serotonina en el cerebro ayudando el estrés en la persona (Scholey et al.2010)

Según los estudios realizados por (Vargas, 2022) en el Centro de investigación de alimentación y desarrollo (CIAD) las cascarillas del grano de cacao en la formulación de productos nuevos serian beneficioso tanto para la empresa y el consumidor, debido a sus características encontradas mencionadas anteriormente.

2.6. Pectina

En descubierta en 1790 por Vauquelin que descubrió una sustancia soluble en zumos de fruta, Braconnot científico francés continuo con el trabajo de Vauquelin descubrió que añadiendo

ácido a la solución de plantas obtendría propiedades gelificantes la nombre pectina ácida del griego “pectos” que significa sólido coagulado.

La pectina fue determinada en 1951 por Kertesz, como ácido pectínicos solubles en agua capaces de formar geles con azúcar y ácido bajo en condiciones determinadas. (Pagan J.)

La pectina es un producto natural que se encuentra en la pared celular de todas las plantas superiores, este es usado en industrias alimenticia, cosmética y farmacéutica. Poseen propiedades gelatinizantes, espesantes y estabilizante.

2.6.1. Estructura

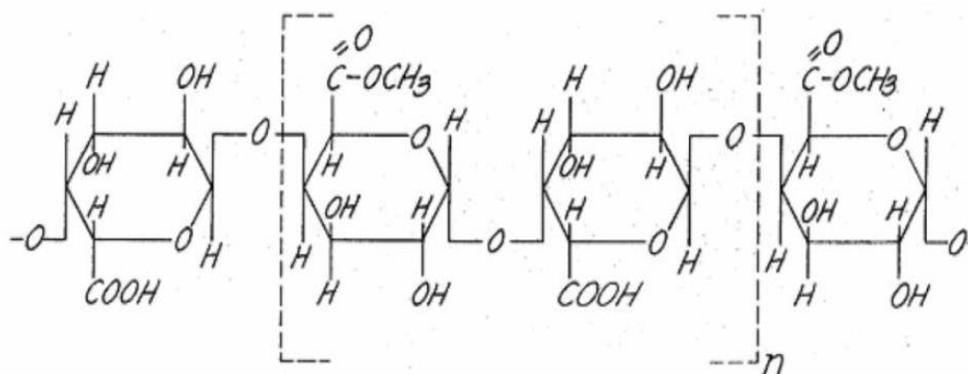
Las pectinas son polisacáridos de alto peso molecular que forman polímeros de unidades de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glicosídicos α (1 \rightarrow 4), cuyos grupos carboxilo están parcialmente esterificados con metanol y en algunos casos con etanol, las cadenas de la pectina están interrumpidas por unidades de L-ramnosa unidas por enlaces glicosídicos α (1 \rightarrow 2), aunque también se pueden encontrar unidades de galactosa, arabinosa, glucosa y xilosa, generalmente en forma de cadenas laterales cortas (Valenzuela, Ortiz y Pérez, 2014).

Según Valenzuela, Ortiz y Pérez afirman que la pectina se solubiliza en agua este tiende a formar soluciones viscosas, en soluciones apropiadas son capaces de formar geles, depende del número de grupos carboxilo esterificados con metanol. De modo que las pectinas con más del 50% de los grupos carboxilo metoxilados llamados pectina de alto metoxilo forman geles a un pH 2,8 a 3,5 con un contenido de sólidos solubles cercano a 65% sin embargo las pectinas con esterificaciones menores del 50% llamados pectinas de bajo metoxilo esta requiere la presencia de cationes para formar gel.

La composición de la pectina varía depende su origen óseo las condiciones de extracción o parámetros como el peso molecular, la estructura de la pectina es difícil de determinar ya que la pectina puede alterarse durante el proceso de separación, almacenamiento y procesamiento de la materia prima (Bravo y Condo 2015). El consumir pectina de forma regular, se llega a obtener un beneficio en la salud ya disminuye los efectos séricos de lípidos y glucosa, ayudando a prevenir enfermedades. (Ortiz y Anzola 2018).

El peso molecular se encuentra en un rango 2500 a 1000000 g/mol. (Alvarez.2007).
 Pueden contener de 200 a 1000 unidades de ácido galacturónico. (Muñoz.2011)

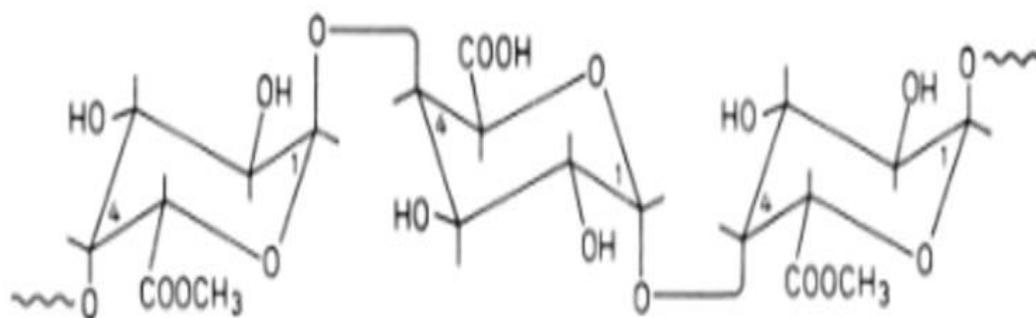
Figura 8 Estructura molecular de la pectina



Fuente: Wiles.1971

En el reino vegetal, especialmente en los frutos, tubérculos y tallos, se encuentran las pectinas sustancias de estructura similar a los polisacáridos, que se gelatinizan fácilmente. Están constituidas por moléculas de ácido D-galacturónico, procedentes de la del poligalacturonano, cuyos grupos carboxílicos se encuentran parcialmente esterificados con etanol. (Ginés1985)

Figura 9 Parte de una cadena de pectina



Fuente: Ginés Navarro García1985

Características importantes de las pectinas:

- El grado de metilación, el cual se refiere a la esterificación de los grupos carboxilos por radicales metilos, de acuerdo a su contenido en metoxilo, se le dará a la pectina un grado determinado.
- La degradación, en donde las pectinas se pueden degradar mediante despolimerización (donde se produce la ruptura de los restos del ácido galacturónico no metilado) o mediante desmetilación (donde el grado de metilación disminuye con la maduración).
- El poder gelificante, el cual se define como la capacidad que tiene una pectina para formar gel y depende de la molécula péctica y de su grado de metilación. Aquellas pectinas que están en agua, precipitan con alcoholes o acetonas, sin embargo, también pueden precipitarse mediante sales como sulfato de aluminio e hidróxido amonio que forman hidróxido de aluminio, cuyas partículas tienen carga positiva; y debido a las cargas negativas de las pectinas, éstas precipitan.
- La viscosidad de la pectina, depende del tamaño de la molécula, la conformación y temperatura. A mayor peso molecular, la viscosidad incrementa; la viscosidad también es influenciada por la presencia de polielectrolitos, puesto que afectan la conformación, el tamaño de la macromolécula y a la naturaleza del contra iones, que actúa como un freno al flujo de los polímeros.
- El peso molecular de la pectina, relacionado con la longitud de la cadena, es una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en la gelificación de las jaleas. La determinación cuidadosa del peso molecular es difícil, parcialmente debido a la extrema heterogeneidad de las muestras y parcialmente debido a la tendencia de las pectinas a agregarse, aún bajo condiciones no favorables a la gelificación.
- La pectina debe estar almacenado en un lugar seco para evitar la humedad, el color de la pectina va a variar dependiendo su extracción de la pectina. (Avila y Cipiran.1996)

2.6.2. Degradación de la pectina

Se observan los mecanismos químicos de degradación de la pectina, las sustancias pécticas pueden degradarse por mecanismos químicos los cuales se esquematizan en tres reacciones.

Primer mecanismo Desesterificación / Saponificación

Sucede en un medio ácido como (pH 1 a 3) y temperaturas inferiores a 10°C a este se denomina desesterificación ocurre la liberación de metanol y la formación de pectatos si llega a ocurrir en un medio alcalino se lo llama saponificación obteniendo una sal alcalina del ácido orgánico (jabón) y metanol.

Segundo mecanismo Hidrolisis

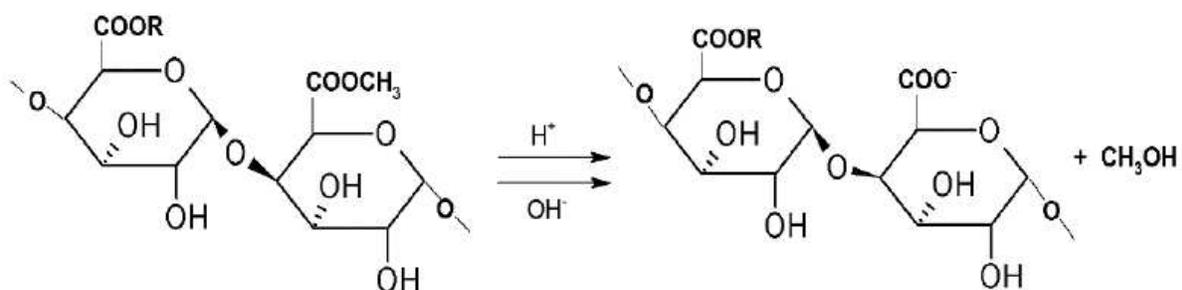
Es por despolimerización (disminución de la cadena polimérica) que podría ocurrir por hidrolisis (ácida o enzimática) de los enlaces α -1,4 o por reacciones de β -eliminación.

La hidrolisis ocurre en un medio ácido a temperaturas superiores a 10 °C, la reacción sucede en los enlaces glucosídicos α -1,4 produciendo la ruptura de los mismos; en condiciones drásticas llega a afectar las características generales de la pectina.

La β -eliminación

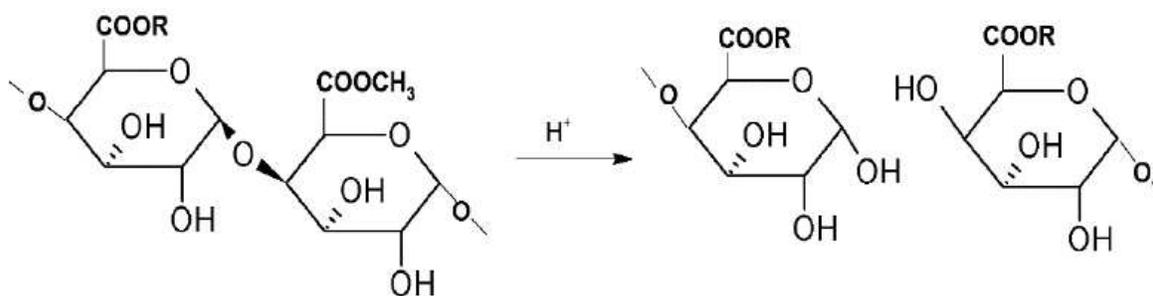
Se da en medio alcalino, en el carbono 5 se encuentra el hidrógeno, el más ácido en función al grupo éster metílico es atacado por el ion hidroxilo (OH^-), resultado en la transferencia electrónica y ruptura de los enlaces glucosídicos para la formación del doble enlace entre C_4 Y C_5 . En algún momento la reacción puede ser acelerada por aumento de la concentración alcalina, temperatura o presencia de iones como Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , Cl^- , citrato, malato o fitato. Temperaturas inferiores a 10°C, el grado de metilación de las pectinas disminuyen impidiendo la aproximación de los iones hidroxilos, mediante la repulsión electrostática y la reacción no ocurre más.

Figura 10 Desesterificación / Saponificación



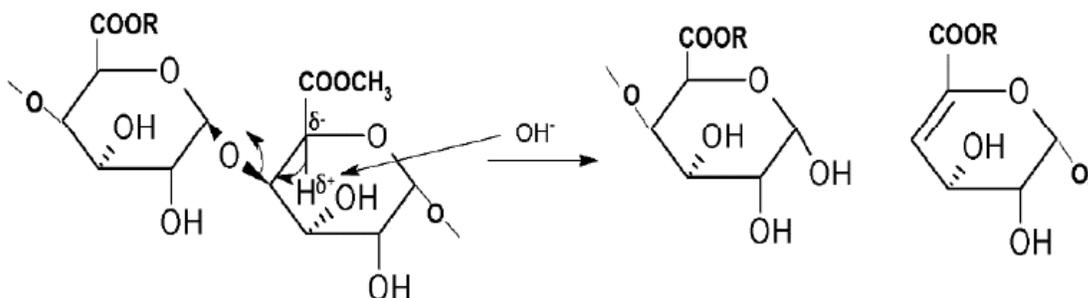
Fuente: Adaptada de Canteri (2012)

Figura 11 Hidrólisis



Fuente: Adaptada de Canteri (2012)

Figura 12 β-eliminación



Fuente: Adaptada de Canteri (2012)

Por enzimas de origen vegetal o microbiano las sustancias pécticas son degradadas de igual forma, puede seguir dos mecanismos; desmetilación preliminar por acción de la pectina-esterasa de origen vegetal, seguida por la hidrólisis de los enlaces α -1,4 por la poligalacturonasas de origen vegetal; la despolimerización directa por reacciones de β -eliminación bajo la acción de las pectina-liasas y pectato-liasas de origen microbiano. (Canteri, 2012)

2.6.3. Tipos de pectina

Las pectinas se dividen en dos grandes grupos: de alto y bajo metoxilo.

Según el grado de metoxilación de la pectina es la relación de unidades de ácido galacturónicos total. La cantidad de grupos carboxílicos esterificados es expresada por el contenido de metoxilos, estos grupos ejercen un importante papel en la formación de geles siendo un parámetro para indicar las propiedades físicas o funcionales de la pectina.

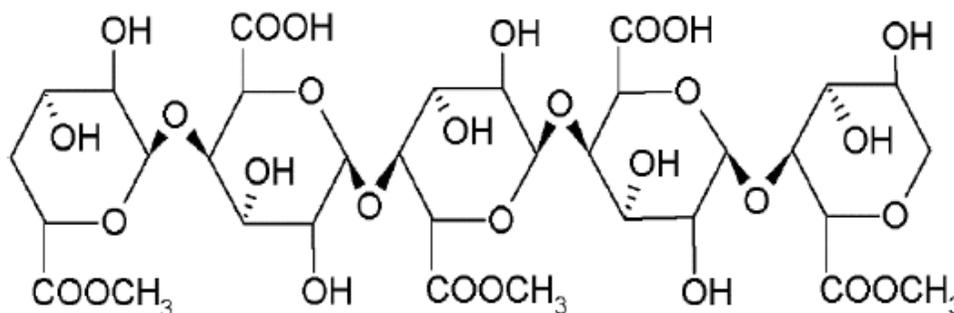
El grado de esterificación de la pectina depende de la fuente y del método de extracción empleado. En general el contenido de metoxilo de las pectinas extraídas de los vegetales está comprendido entre un 10% a 12% expuesto por Padival. (Telesca M.2008)

- Pectina de alto metoxilo
- Pectina de bajo metoxilo

2.6.3.1. Pectinas de alto metoxilo (HM)

Las condiciones que se deben tener para obtener una pectina de alto metoxilo es que el pH sea bajo requiriendo de grandes cantidades de azúcar. Para que los grupos ácidos, minoritarios, estén fundamentalmente en forma no ionizada, y no existan repulsiones entre cargas A pH 3,5 aproximadamente la mitad de los grupos carboxilo del ácido galacturónico se encuentran ionizados, pero por debajo de pH 2 el porcentaje ya es muy pequeño. Las cadenas de pectinas de alto metoxilo pueden unirse a través de interacciones hidrofóbicas de los grupos metoxilo o mediante puentes de hidrógenos, incluidos los de los grupos ácido no ionizados, siempre que exista un material muy hidrófilo (azúcar) que retire el agua. En consecuencia, las pectinas de alto metoxilo formaran geles a pH entre 1 y 3,5 con contenidos de azúcar entre el 55% como mínimo y el 85%. (Calvo M.)

Figura 13 Pectina de alto Metoxilo

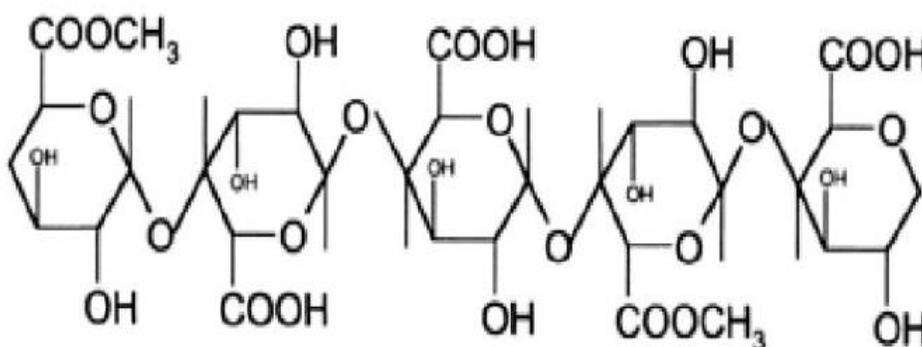


Fuente: Suarez (2014)

2.6.3.2. Pectinas de bajo metoxilo (LH)

Son aquellas que contienen un 25% a 50% de esterificación, estas pectinas forman geles con o sin azúcar, en presencia de iones metálicos polivalentes como el calcio. Estas pectinas forman de bajo metoxilo forman geles en pH de 1,7 a 7 donde los sólidos solubles pueden estar presente entre 0 % y 80 % sin afectar el medio, pero si es significativo la presencia de calcio, para determinar la cantidad de calcio necesaria va a depender de la cantidad de solidos solubles.

Figura 14 Pectina de bajo metoxilo



Fuente: V. Vaclavick y Christian (2002)

2.6.4. Propiedades de la pectina

Describe las siguientes propiedades (Silva y Cruz, 2018)

- **Solubilidad:** Las pectinas son solubles en agua y en formamida, dimetilformamina y glicerina caliente, pero insolubles en solvente orgánicos o soluciones que contengan polímeros, proteínas, detergentes cuaternarios y cationes polivalentes.
- **Acidez:** Las pectinas en solución tienen carácter ácido el cual depende del medio y el grado de esterificación, su estado natural de la pectina es neutra.
- **Viscosidad:** las pectinas son soluciones viscosas en agua, las pectinas de alto grado de esterificación tienden a incrementar el peso de la viscosidad y las pectinas de bajo metoxilo tienden a incrementar su viscosidad si el calcio supera cierto límite.
- **Poder de gelificación:** referencia a la cantidad de sacarosa que gelifica un gramo de pectina bajo condiciones estándar de pH de 2.8 – 3.4 con una concentración de azúcares de 65° Brix (Villani, Ceron y Mera 2010)

2.6.5. Mecanismo de gelificación de la pectina

En el momento en que la pectina entra en solución acuosa, sus grupos carboxilos se separan parcialmente para formar iones carboxilo con carga negativa ($R - COO^-$) dando el aumento de la carga negativa de las moléculas y la recíproca repulsión entre ellas, favoreciendo así la disociación de la pectina. (Barraza, G., 2013)

- El azúcar actúa como deshidratante sobre la pectina y la desplaza al límite de la solubilidad.
- El ácido, liberando iones hidrógenos positivos, neutraliza la acción de los iones carboxilos negativos, reduce al mínimo el aumento de la carga eléctrica y la disociación de la pectina y favorece las uniones físicas de sus moléculas.

La acción mutua entre el ácido y el azúcar en la pectina en solución, a temperatura idónea para facilitar la solubilidad y las uniones físicas de los componentes ya que al enfriarse solidifica en forma de gel por la estructura reticular. (Barraza, G., 2013)

2.6.6. Uso de la pectina

Los usos son adecuados según a las necesidades de los productos terminados.

– Industria de alimentos

Se necesitan que sean elásticas, realce del sabor, cortes lisos y como brillante es por eso que se utilizan en confiterías, jaleas de fruta, goma de fruta, rollos de la fruta delicados, cremas artificiales de postre, rellenos para bombones.

En productos lácteos ácidos requieren pectina ya que garantizan regular la distribución de frutas en el contenedor, una mezcla homogénea con el producto lácteo fermentado. En el yogurt de frutas la pectina proporciona una estructura lisa y cremosa. También como estabilizante.

En las bebidas las pectinas funcionan en la estabilidad de la turbiedad y en la viscosidad.

En aderezos como el uso en el ketchup la adición de la pectina compensa los defectos de la pectina natal.

– Industria farmacéutica

La base de la pectina en la industria farmacéutica son sus propiedades hidrocoloides y terapéuticas. Son empleados más en ungüentos. Además, que ayudan a evitar la elevación de los niveles de glucosa en la sangre y provocan la disminución del colesterol. Las medicinas son encapsuladas con una película de pectina para proteger la mucosa gástrica y permitir a la liberación sostenida de la sustancia activa de la circulación de sangre.

– Industria cosmética

La pectina es usada como proveedor de la estructura natural para pastas, en desodorantes y pastas de dientes utilizada como agente espesante.

2.6.7. La pectina en Bolivia

En Bolivia no existe producción industrial de la pectina, la cual tiene un alto costo comercial a pesar de que a nivel industrial proviene de desechos o productos sobrevalorados como cascaras de frutas.

Grafico 1 Datos de importaciones de la pectina en Bolivia



Fuente: Base de datos de la Aduana Nacional de Bolivia, 2021

Las importaciones que Bolivia hace de pectinas, están registradas en la Aduana Nacional de Bolivia son principalmente de las industrias alimentarias.

CAPÍTULO III

3 MARCO EXPERIMENTAL

3.1. Lugar de ejecución

El trabajo dirigido se desarrolló en los siguientes lugares:

- Dependencias de la Carrera de Ingeniería Química de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) El Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos (IIDEPROQ).
- Dependencias de la Fábrica de Dulces y Chocolates Cóndor S.R.L. Zona Villa el Carmen, Calle 10 N.º 35 La Paz, Bolivia.

3.2. Metodología de investigación

El desarrollo de la extracción de la pectina a partir de la cascarilla de cacao se ha empleado la metodología experimental, se realizaron ensayos preliminares para tomar decisiones en cuanto a los factores que influyen en la obtención para elaborar el diseño experimental de la pectina y tener las condiciones a través del diseño, y realizar con los datos del diseño la prueba final para luego proceder a las mediciones fisicoquímicas (Humedad, cenizas y grasas) de la pectina y verificar que cumpla con los requisitos de la FAO.

También se realizó la caracterización fisicoquímica de la cascarilla de cacao (Theobroma), se hizo análisis de humedad, cenizas y grasas, tomando en cuenta las normas bolivianas NB.

3.3. Variables de estudio

3.3.1. Variables Independientes

- Temperatura del medio de extracción (°C)
- pH del medio de extracción

3.3.2. Variables Dependientes

- Rendimiento de la pectina (masa de producto)

3.4. Descripción de Materiales, Equipos y Reactivos

En la siguiente tabla se describen los materiales, equipos y reactivos empleados en las pruebas preliminares y pruebas finales de laboratorio.

3.4.1. *Materiales*

- Pipeta graduada de 1, 10 (ml)
- Pipeta volumétrica de 10 (ml)
- Matraz Erlenmeyer de 100, 250 (ml)
- Matraz Erlenmeyer con tapa 100, 250(ml)
- Vidrio reloj
- Probeta de vidrio 100 (ml)
- Embudo
- Tubos de ensayo con tapa
- Tubos Falcón 50 (ml)
- Vaso precipitado 100, 250, 600 y 1000(ml)
- Cajas Petri
- Gradilla
- Varilla de vidrio
- Probeta
- Espátula
- Mortero
- Crisoles

3.4.2. *Equipos*

- Termómetro digital
- Balanza Analítica precisa serie 360-0,1mg
- Estufa de secado
- Hornilla eléctrica
- Medidor de pH Checker con resolución de 0.1 pH
- Centrifugadora
- Agitador magnético con calor
- Agitador

- Mufla

3.4.3. Reactivos

- Ácido cítrico
- Etanol absoluto
- Hidróxido de sodio
- Ácido
- Ácido clorhídrico
- Etanol al 96%
- Sacarosa
- Hexano
- Éter de petróleo

3.5. Metodología Experimental

3.5.1. Caracterización de la materia prima

3.5.1.1. Cascarilla de cacao

Según la NB 326012 establece el método para la determinación de Humedad del cacao productos derivados (Chocolate) y la NB326006 establece los requisitos que se debe cumplir.

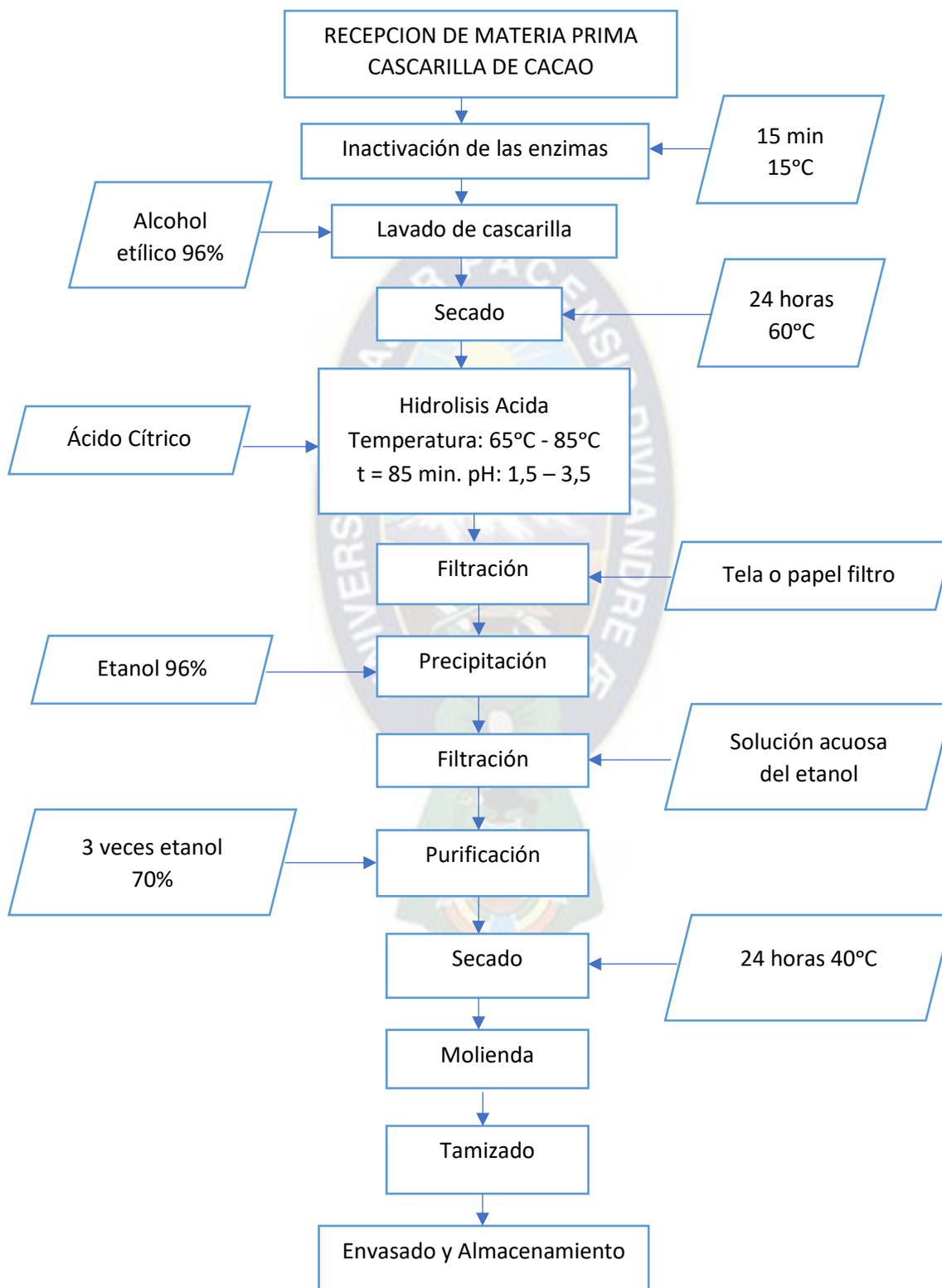
Tabla.2 Parámetros de derivados del cacao

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
Humedad	NB326012	≤ 7% (m/m)	NB 326006
Cenizas	NB 075:20000	≤ 8% (m/m)	NB 326006
Grasas	NB 326009	≤ 5% (m/m)	NB 34013

Fuente: elaboración propia

3.5.2. Extracción de la pectina

Se presenta el diagrama de extracción de la pectina



3.5.2.1. Inactivación de las enzimas pécticas

La cascarilla de cacao suministradas por la fábrica de Chocolates Condor se sometió en agua en relación de 300g por litro y se llevó a ebullición a una temperatura de 85 °C durante 15 minutos para preservar sus propiedades y sabores.

Figura 15 Cascarilla de cacao (Theobroma)



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.2. Lavado y molienda de la cascarilla de cacao

La cascarilla se sumergió en alcohol etílico al 96% durante 24 horas para separar los fenoles, luego se somete a una estufa a 60 °C para su secado. Una vez seca la cascarilla debe ser pulverizada en un mortero luego se conservó en un frasco hermético.

3.5.2.3. Extracción de la pectina por hidrolisis acida

La cascarilla de cacao (Theobroma) limpia se lo coloca en un vaso de precipitado con agua destilada en relación 1:20 ajustando el pH de la mezcla (1,5, 2,5 y 3,5) con ácido cítrico para luego preceder a la hidrolisis acida a una temperatura de (65,75 y 85) °C y un tiempo de 85 min. evitando sobrepasar el tiempo indicado de 90 min. (desnaturalice).

Figura 16 Extracción de la pectina



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.4. Filtración

La mezcla hidrolizada se filtró con una tela fina, separando la materia sólida de la líquida en esta se encuentra disuelta la pectina.

Figura 17 filtración de la mezcla hidrolizada



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.5. Precipitación y separación

A la fase acuosa se le agrega etanol al 96% la cantidad a utilizar en un volumen de 80% de la fase acuosa se deja reposar unas 16 horas para posterior separar lo precipitado(pectina) con la ayuda de una centrifugadora durante 20 min a 2500 rpm.

Figura 18 Precipitación de la pectina



Fuente: Elaboración propia

3.5.2.6. Purificación y secado de la pectina

La pectina obtenida fue sometida a tres lavados con etanol al 70% en relación de 1:1 seguido de una centrifugación por 20 minutos a 2500 rpm posteriormente se decantó el exceso de etanol y se llevó a secar en una estufa por convención a 40°C por 24 horas (M. Baena y N García 2012)

Figura 19 Purificación y secado de la pectina



Fuente: Elaboración propia

3.6. Caracterización Química y Física de la pectina obtenida

Siguiendo los requisitos de la Food and Agriculture Organization (FAO), Food Chemical Codex (FCC) y Farmacopea de Estados Unidos (USP). Para más detalle de los análisis se establece con mayor detalle en la parte de anexos. (Véase ANEXOS I)

3.6.1. Determinación de peso equivalente

Aplicando la metodología de (Owens, 1952) se pesó en vidrio reloj 500 mg de pectina colocar en un matraz de 250ml se añade 5 ml de etanol absoluto luego se adiciona 100 ml de agua destilada y 6 gotas de indicador rojo fenol posteriormente se agito y se llevó a titular con hidróxido de sodio al 0.1 N hasta que cambie de color amarillo a rosa.

3.6.2. Determinación de acidez libre

Aplicando la metodología de (Owens, 1952) en un vidrio reloj se pesó 0,5 g de la pectina extraída en matraz, se le agregó 25 ml de agua destilada, como indicador se agregó 5 gotas de fenolftaleína al 1% luego se procedió a mezclar la solución en una plancha de agitación durante 30 minutos y finalmente se procedió a titular con NAOH a 0.1 N hasta que se vuelva color rosa.

Figura 20 Peso equivalente y acidez libre



Fuente: Elaboración propia

3.6.3. Porcentaje de metoxilo

Numero de grupos de metoxilos que se encuentren esterificados, los grupos carboxilos de los ácidos galacturónicos. Po lo tanto se verifica la diferencia del tipo de pectina ya sea de alto metoxilo o de bajo metoxilo (Villani et al.,2010).

El porcentaje de metilación cumple el rol de la firmeza y cohesión de los tejidos vegetales, es por ello que una reducción de metilación genera un aumento de la cohesión que es evidente en los tejidos, sometido a un aumento de temperatura dando a un incremento de los enlaces de calcio y la disminución de la susceptibilidad de la pectina a despolimerizarse, por lo tanto, en los tejidos frescos la formación de carboxilos libres fortalece los enlace calcio entre polímeros (García, 2010)

A la solución realizada para el peso equivalente y acidez libre, se añadió 25ml de hidróxido de sodio al 0.25N se deja en reposo durante 30 minutos a temperatura ambiente, cumplido los 30 minutos se añade 25 ml de ácido clorhídrico al 0.25N posterior se debe agitar para que se homogenice. Luego se debe titular con hidróxido de sodio al 0.1 N hasta un pH de 7.5 color rojo permanente por 20 segundos. Según la metodología de (Owens,1952)

Tabla2 Parámetro de metoxilo según normativa

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
% Metoxilo	Owens, 1952	Min. 6,70%	FAO, USP

Fuente: Elaboración propia

Figura 21 Viraje en el color de la solución pécticas.



Fuente: Owens, 1952

3.6.4. Grado de ácido galacturónico

Este indica la pureza de la pectina y de manera indirecta sus impurezas, el nivel de ácido galacturónico en la pectina debe ser superior a 74 %. Así se considera de alta pureza ya que un porcentaje inferior a 70 % indica la presencia de ácidos no urónicos (Lopez, 2013).

Según descrito por método de (Owens, 1952) con los datos obtenidos de metoxilo y acides libre. Es esencial para determinar la pureza y grado de esterificación para evaluar sus propiedades físicas.

Tabla3 Parámetro de ácido galacturónico según normativa

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
A. Galacturónico	Owens, 1952	Min. 65%	FAO

Fuente: Elaboración propia

3.6.5. Grado de esterificación

Se refiere a los grados variables en que los carboxilos de los ácidos galacturónicos se encuentren esterificados con metanol (Almeida et al., 2019). Influye también en la temperatura de gelificación, a mayor grado de gelificación mayor es la temperatura de gelificación. Si el grado de esterificación es menor la resistencia de gel y la velocidad de la gelificación disminuye, debido al aumento de interferencia esférica que ocasionan los grupos metil-ester sobre las interacciones intermoleculares mediante puentes de hidrogeno. Con un grado de esterificación mayor disminuye el tiempo de gelificación, lo cual se puede ver al incremento de la interacción entre las moléculas de pectina (Avila, 2009).

Según descrito por método de (Owens, 1952) con los datos obtenidos de metoxilo y acides libre.

Tabla4 Parámetro de grado de esterificación según normativa

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
G. Esterificación HM	Owens, 1952	Min. 50%	FAO
G. Esterificación LH	Owens, 1952	Máx. 50%	FAO

Fuente: Elaboración propia

3.6.6. Grado de gelificación

Según la metodología de (C. Moreno, 2010) en seis vasos de precipitado de 200 ml rotulados de 0,4 a 1,4 g de pectina sucesivamente a cada vaso se le debe añadir 50ml de agua destilada luego debe llevarse a ebullición para que se disuelva la pectina completamente posterior se agrega a cada vaso 100g de sacarosa agitando en baño maría para obtener el calor y se homogenice, finalmente se adiciono agua destilada 150 ml y se adiciono ácido cítrico hasta obtener un pH de (3,2 – 3,5).

Se debe dejar reposar durante 24 horas luego se debe evaluar visualmente sus características.

Tabla5 Parámetro de gelificación según normativa

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
Gelificación	C. Moreno	0 - 300	FAO

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de gelificación

El tiempo de gelificación de la pectina va a depender del porcentaje de esterificación, si el porcentaje esta entre 60 % a 67 %, la gelificación es lenta, si está en el rango de 68 % a 70 %, la gelificación es media y en un rango de 71 % a 76 % de grado de gelificación será una gelificación rápida. Según (Párraga, Murillo y Moreira, 2015).

El tiempo de gelificación va a depender de la velocidad de enfriamiento del gel, indica que al enfriar lentamente se obtiene gelificaciones a temperaturas más elevadas y por ello la velocidad de gelificación se determina a temperatura constante. Según (Culquimboz y Ocampo,2010).

3.7. Análisis Proximal

Los métodos a emplear serán A.O.A.C. y siguiendo los requisitos de la FAO. Para más detalle de los análisis se establece con mayor detalle en la parte de anexos. (Véase ANEXOS I)

3.7.1. Humedad

El método consiste en evaporar mediante secado el agua contenida en la muestra.

Colocar 10g muestra en una caja Petri por 3 horas a 105°C posterior al secado dejar enfriar en un desecador por 30 minutos para pesar.

Tabla6 Valores internacionales humedad pectina.

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
Humedad	A.O.A.C. 930.15	Máximo 12%	FAO

Fuente: elaboración propia

Figura 22 Secador



Fuente: Elaboración propia

3.7.2. Cenizas

En un crisol previamente pesado se pesan 2 g. de muestra luego se lleva a la mufla a 600 °C por un tiempo de 2 horas, al terminar el tiempo se lo lleva al desecador hasta que se enfríe y registrar el peso final.

Tabla7 Datos cenizas pectina.

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
Cenizas	A.O.A.C. 942.05	Máximo 10%	FAO

Fuente: elaboración propia

3.7.3. Grasas

Colocar la muestra ya pesada en el dedal de extracción procurando que se encuentre bien envuelta en el papel filtro, Colocar el dedal en el aparato soxhlet. Agregar 150 ml de éter de petróleo en el matraz de extracción que contiene perlas de vidrio previamente secado y pesado luego se realiza la conexión de los mismos aparatos para proceder a realizar la extracción en 6

horas, al final de la extracción evapore el solvente del matraz utilizando parte del instrumento para la destilación con el fin de recuperar el solvente, sacar el matraz a una estufa a temperatura de 100 °C durante 2 horas hasta obtener un peso constante.

Figura 23 Equipo extractor soxhlet



Fuente: Elaboración propia

Tabla8 Datos grasas pectina.

Análisis		Límites establecidos	
Parámetro	Método de ensayo	Valor permitido	Referencia
Grasas	A.O.A.C. 920.39	< 0.5%	FAO

Fuente: Elaboración propia

3.8. Análisis estadístico

Se realizará el análisis ANOVA y como diseño se utilizará el programa Desing Expert.

3.8.1. Diseño experimental

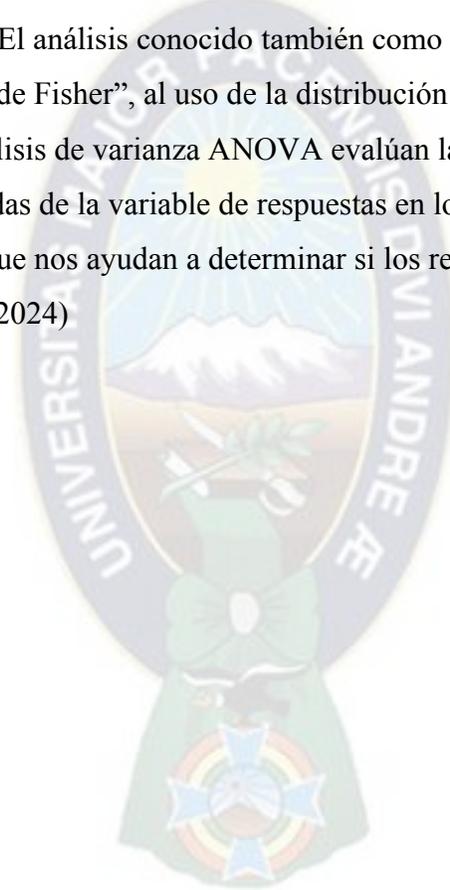
Design Expert 12

Es un software que diseña experimentos que ayudan en la investigación y el desarrollo. El diseño experimental es un conjunto de técnicas que nos para realizar experimentos de la manera

más eficiente evitando gastar reactivos y obteniendo la mayor cantidad de respuestas significantes para el objetivo nos sirve para planificar y conducir los experimentos dentro de ello tenemos análisis de datos.

3.8.2. *Análisis (ANOVA)*

(Analysis of Variance, según terminología inglesa) es un modelo estadístico y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza esta particionada en ciertos componentes debido a diferentes variables explicativas. Las técnicas de análisis de varianza fueron desarrolladas por el estadístico y genetista Fisher. El análisis conocido también como “ANOVA de Fisher” o llamado también “análisis de varianza de Fisher”, al uso de la distribución F de Fisher como parte de contraste de hipótesis. Un análisis de varianza ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medidas de la variable de respuestas en los diferentes niveles de los factores. Método estadístico que nos ayudan a determinar si los resultados de una prueba son significativos. (Montgomery, 2024)



CAPÍTULO IV

4 CÁLCULOS Y RESULTADOS

4.1. Caracterización de la materia prima

En la siguiente tabla se observa los resultados obtenidos de los análisis de caracterización de la cascarilla de cacao.

4.1.1. Características de la cascarilla (*Theobroma*)

Para la caracterización de la cascarilla se tomó en cuenta el olor, color y forma de la materia prima.

Tabla9 Características de la cascarilla de cacao (*Theobroma*)

CARACTERISTICAS	DESCRIPCION
Olor	Aroma que se asoma al chocolate suave.
Color	Tonalidades de café
Forma	Irregulares

Fuente: Elaboración propia

Figura 24 Cascarilla



Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Caracterización de la cascarilla de cacao (*Theobroma*)

Caracterización de la cascarilla de cacao (*Theobroma*) siguiendo las normas bolivianas para cacao y sus derivados, en la siguiente tabla se observa los valores obtenidos.

Tabla10 Caracterización de la cascarilla de cacao (*Theobroma*)

CASCARILLA DE CACAO		
PARAMETROS	METODO	VALOR OBTENIDO
Humedad	NB326012	6,72 %
Cenizas	NB 075:20000	7,21 %
Grasas	NB 326009	1,73 %

Fuente: Elaboración Propia

Se realizó un muestreo aleatorio para el análisis por duplicado, el valor promedio obtenido de cenizas es 7,21%, grasas 1,73% y humedad 6,72%, se verifica que se encuentra dentro de los límites de la normativa, los datos obtenidos verifican que el grano del cacao de la Fabrica Chocolates Cándor es de buena calidad.

4.2. Análisis estadístico

4.2.1. Ensayos preliminares de la extracción de la pectina del cacao

Para descartar parámetros que no son significativos en el proceso de la extracción se realizaron ensayos preliminares con los cuales se realizó un diseño y análisis (ANOVA) tomando en cuenta el rendimiento como variable dependiente. Se establece con mayor detalle en la parte de anexos (ANEXOS III).

La temperatura fue una variable de estudio estadísticamente significativa para el rendimiento de la extracción de la pectina de la cascarilla de cacao, lo cual fue una variable aceptable dentro del proceso de la extracción de la pectina. además, que el ácido contenido a temperaturas altas ayuda a solubilizar a la pectina y componentes pécticos, componente que se encuentra en la lámina media de la pared celular lo cual incrementa el rendimiento.

El pH fue una variable de estudio estadísticamente significativa para el rendimiento de la extracción de la pectina de la cascarilla de cacao. En las pruebas preliminares de laboratorio para la extracción la modificación de pH hacia variar el rendimiento.

El tiempo se lo tomo como una variable constante en todas las pruebas experimentales, es relevante resaltar que el tiempo es una variable significativa en el proceso de la extracción teniendo en cuenta los estudios de investigación de (Betancourt y llano,2009). Según Chan Choo (2013) realizar extracciones a corto tiempo afecta desfavorable al rendimiento, el tiempo de extracción mayor a 90 ± 2 min. logran que la pectina se desnaturalice tendiendo negativamente en el resultado. (Duran & Cáceres, 2012)

Se aplicaron los parámetros temperatura (65,75,85) y el pH (1.5, 2.5 y 3.5), ya que estos si son significativos en el proceso de la extracción de la pectina. y al tiempo como una variable constante (85 °C).

Rendimiento

El rendimiento una variable respuesta, un indicador para verificar y analizar el comportamiento de cada variable en la extracción, en la siguiente tabla se observa que la variable temperatura y pH son significantes en la extracción de la pectina. Se observa con los datos que el rendimiento tiene un incremento a medida que la temperatura incrementa.

Tabla11 Resultados de ensayos preliminares

Nº	Temperatura (°C)	pH	Replicas	Rendimiento (%)
1	65	1,5	1	2,95
2	65		2	3,00
3	65		3	2,81
4	65	2,5	1	3,77
5	65		2	3,69
6	65		3	3,71
7	65	3,5	1	4,00
8	65		2	4,15
9	65		3	4,12
10	75	1,5	1	3,84
11	75		2	3,86
12	75		3	3,85
13	75	2,5	1	3,83
14	75		2	3,90
15	75		3	4,00
16	75	3,5	1	5,89
17	75		2	5,86
18	75		3	5,84
19	85	1,5	1	4,90
20	85		2	4,85
21	85		3	4,88
22	85	2,5	1	6,07
23	85		2	6,15
24	85		3	6,10
25	85	3,5	1	6,45
26	85		2	6,40
27	85		3	6,50

Fuente: Elaboración propia

- Diseño y análisis (ANOVA) con datos preliminares

Tabla12 Análisis preliminares.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	
Model	33.96	3	11.32	90.25	<0.0001	significativo
A-Temperatura	22.49	1	22.49	179.31	<0.0001	
B-pH	11.34	1	11.34	90.45	<0.0001	
AB	0.1261	1	0.1261	1.01	0.3265	
Residual	2.88	23	0.1254			
Falta de ajustes	2.83	5	0.5651	171.43	<0.0001	significativo
Error puro	0.0593	18	0.0033			
Con total	36.85	26				

Fuente: elaboración propia

Tabla13 Coeficientes de correlación preliminar.

Coeficientes de correlación	Valor
S	0.3542
R^2	0.9217
R^2 Ajustado	0.9115
R^2 previsto	0.9080
Precisión adecuada	28.0478

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se aplicó un diseño 2^2 con 3 réplicas y 15 puntos centrales con estas características el modelo tiene un valor de 90.25 de significancia lo cual indica que el modelo es ligeramente aceptable.

Los valores de P inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos, los términos que tengan valores mayores a 0.1 indican que no son significativos, si hubiera muchos términos de modelo insignificantes la reducción ayuda a que mejore el modelo.

Sin embargo, otro dato que nos muestra el análisis implica al valor F de falta de ajustes de 171.43 indica que la falta de ajuste es significativa, una Falta de ajuste significativa de ajuste es mala por lo tanto el modelo no es aceptable.

En la tabla de coeficiente de correlación preliminar se muestran los coeficientes de correlación para el modelo factorial 2^2 con 3 réplicas y 15 puntos centrales, se observa que los valores obtenidos de coeficiente de correlación son cercanos a 1.

4.3. Diseño y análisis (ANOVA)

Como variables independientes son la temperatura y el pH, en el desarrollo de las pruebas preliminares se obtuvieron esas dos variables se tomó en cuenta al tiempo como una variable constante y como variable dependiente el rendimiento. Se establece con mayor detalle en la parte de anexos (Véase ANEXO III)

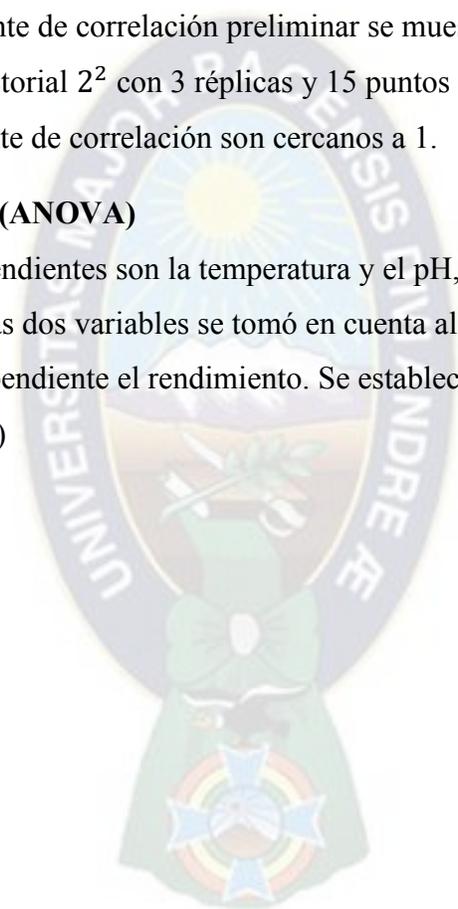


Tabla14 Datos de rendimientos obtenidos

Nº	Temperatura (°C)	pH	Replicas	Rendimiento (%)
1	65	1.5	1	2.95
2	65		2	3,00
3	65		3	2.81
4	85	1.5	1	3.27
5	85		2	3.29
6	85		3	3.28
7	65	3.5	1	4.59
8	65		2	4.63
9	65		3	4.41
10	85	3.5	1	6.45
11	85		2	6.42
12	85		3	6.50
13	75	2.5	1	4.31
14	75		2	4.33
15	75		3	4.35

Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza de diseño factorial 2^2 con 3 réplicas y 3 puntos centrales en el programa desing expert trabaja con una confianza del 95% y probabilidad del 5% como se observa en la tabla la temperatura ($0,001 < 0,05$), el pH ($0,001 < 0,05$) y la interacción de los dos genera significancia en la variable respuesta rendimiento, debido a que los valores de p son $< 0,05$.

Tabla15 Análisis de varianza para la extracción de la pectina.

Fuente	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado medio	Valor F	Valor P	
Model	22.97	3	7.66	1580.07	<0.0001	significativo
A-Temperatura	3.88	1	3.88	800.03	<0.0001	
B-pH	17.28	1	17.28	3566.68	<0.0001	
AB	1.81	1	1.81	373.52	<0.0001	
Residual	0.0533	11	0.0048			
Falta de ajustes	0.0022	1	0.0022	0.4224	0.5304	Not significativo
Error puro	0.0511	10	0.0051			
Con total	23.02	14				

Fuente: elaboración propia

Finalmente se aplicó un diseño factorial 2^2 con 3 réplicas y 3 puntos centrales con estas características el modelo tiene un valor de 1580.07 significativo lo cual indica que el modelo es aceptable.

Los valores de P inferiores a 0.05 indican que los términos del modelo son significativos en este caso A y B términos modelos significativos, los términos que tengan valores mayores a 0.1 indican que no son significativos, si hubiera muchos términos de modelo insignificantes la reducción ayuda a que mejore el modelo, como se observó se tendió a reducir los puntos centrales para que se reduzca el error.

Otros datos que nos muestra el análisis implican al valor F de falta de ajustes de 0,42 indica que la falta de ajuste no es significativa, una Falta de ajuste no significativa de ajuste es buena por lo tanto el modelo es aceptable.

En la tabla de coeficiente de correlación preliminar se muestran los coeficientes de correlación para el modelo factorial 2^2 con 3 réplicas y 3 puntos centrales, se observa que los

valores obtenidos de coeficiente de correlación son cercanos a 1. La precisión mide la relación señal ruido ratio de 98.3942 indica una señal adecuada el modelo es aceptable.

Tabla16 Coeficientes de correlación para la extracción de la pectina.

Coeficientes de correlación	valor
S	0.0696
R^2	0.9977
R^2 Ajustado	0.9971
R^2 previsto	0.9952
Precisión adecuada	98.3942

Fuente: Elaboración propia

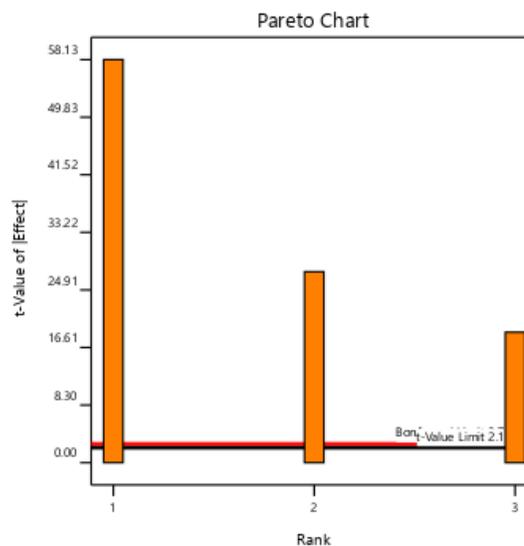
El R- cuadrado expone que el modelo explica el 0.9977 % de la variabilidad en el rendimiento de la pectina extraída.

Gráfico 2 Pareto

Rendimiento

A: Temperatura

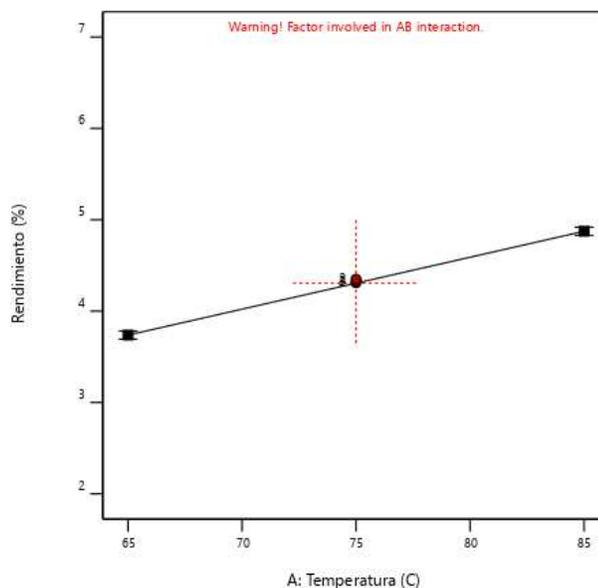
B: pH



Fuente: Diseng expert

Con el gráfico de Pareto del modelo se observa los aportes individuales de cada variable en el rendimiento, también se observa que las columnas de las variables temperatura, pH y la interacción en el gráfico indican un efecto positivo ya que están de color naranja.

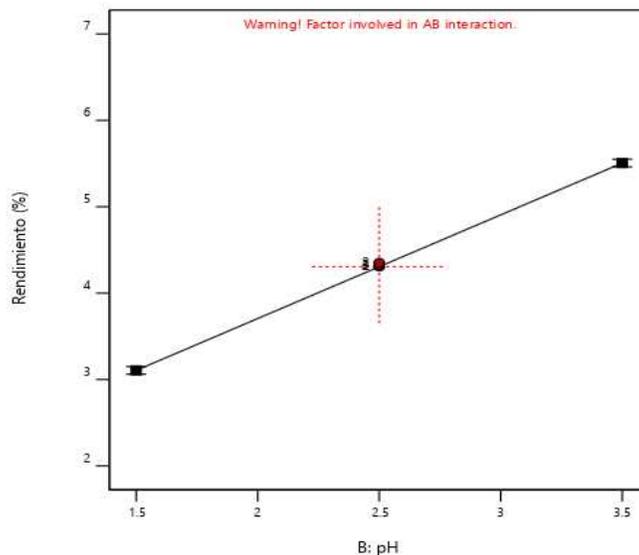
Grafico 3 Rendimiento vs Temperatura



Fuente: Diseng Expert

Se observa en la gráfica rendimiento vs temperatura que la temperatura es directamente proporcional al rendimiento es decir la variable tiempo en el proceso de la extracción a medida que va aumentando la temperatura tiende a tener un mayor rendimiento, siempre que no sobrepase la temperatura de 90 °C ya que tiende a desnaturalizarse.

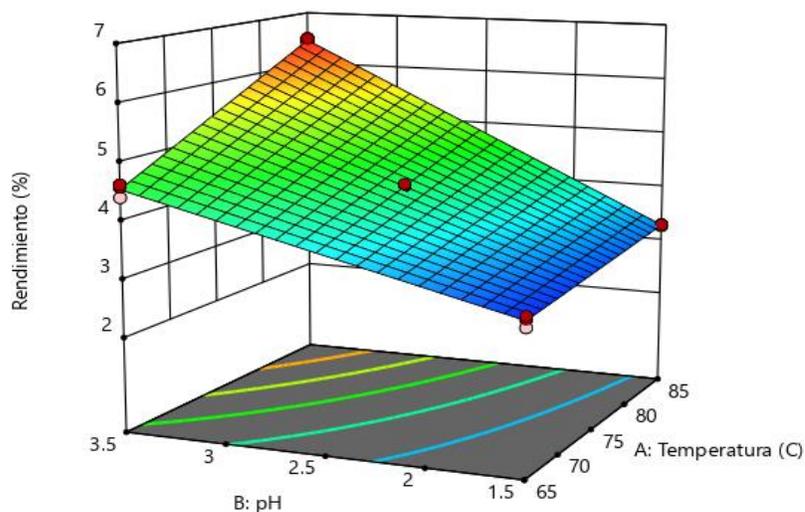
Grafico 4 Rendimiento vs pH



Fuente: Desing Expert.

El grafico rendimiento vs pH indica que la variable pH en el proceso es directamente proporcional al rendimiento es decir el incremento de pH en el proceso tiende a aumentar el rendimiento. Se observa que el punto central se encuentra dentro del plano lo cual indica que el modelo es aceptable en cuanto a su rendimiento.

Grafico 5 grafica del diseño en 3° Dimensión



Fuente: Desing Expert.

4.4. Análisis de caracterización química y física de la pectina

Tabla17 Caracterización química y física de la pectina

Nº	Temperatura (°C)	pH	Rendimiento (%)	Peso Equivalente ($\frac{mg}{meq}$)	Acidez Libre ($\frac{meq}{g}$)	Porcentaje metoxilo (%)	Grado Galacturónico (%)	Grado Esterificación (%)
1	65	1,5	2,95	847,46	0,26	3,66	66,5	31,22
			3,00	862,07	0,25	3,59	64,46	31,69
			2,81	877,19	0,25	3,53	65,10	30,81
2	65	2,5	3,77	819,67	0,16	3,78	49,62	43,26
			3,69	769,23	0,20	4,03	58,43	39,15
			3,71	793,65	0,18	3,90	53,85	41,17
3	65	3,5	4,00	500,00	0,13	6,20	58,43	60,24
			4,15	485,43	0,14	6,86	60,89	59,53
			4,12	467,29	0,13	6,34	61,95	60,79
4	75	1,5	3,84	632,91	0,19	4,89	61,24	45,40
			3,86	649,35	0,18	4,77	58,78	46,10
			3,85	666,67	0,19	4,65	60,89	43,35
5	75	2,5	3,83	555,56	0,18	5,58	64,06	49,45
			3,90	543,47	0,19	5,70	66,88	48,42
			4,00	485,43	0,21	6,38	74,27	48,81
6	75	3,5	5,89	549,45	0,14	5,64	66,67	56,52
			5,86	490,19	0,14	6,32	65,54	59,30
			5,84	500,00	0,13	6,20	69,13	59,52
7	85	1,5	4,90	625,00	0,22	4,96	66,88	42,10
			4,85	574,71	0,26	5,39	76,38	40,09
			4,88	596,65	0,24	5,19	71,73	41,11
8	85	2,5	6,07	357,14	0,14	8,68	74,97	65,72
			6,15	352,11	0,15	8,80	76,38	65,43
			6,10	344,82	0,13	8,99	75,32	67,75
9	85	3,5	6,45	312,50	0,12	9,92	77,44	72,72
			6,42	304,87	0,12	10,16	79,20	72,88
			6,50	312,50	0,12	9,92	77,08	73,05

Fuente: Elaboración propia

4.4.1. Peso Equivalente y Acidez Libre

Tabla18 Caracterización Peso equivalente y Acidez libre

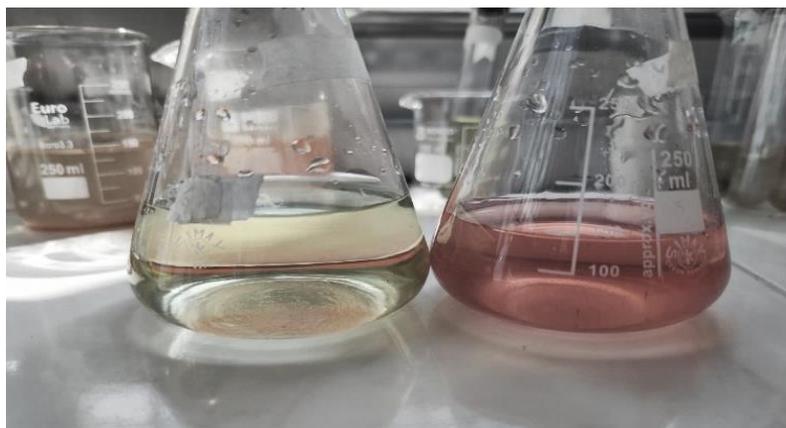
Nº	Temperatura (°C)	pH	Replicas	Rendimiento (%)	Peso Equivalente ($\frac{mg}{meq}$)	Acidez Libre ($\frac{meq}{g}$)
A	65	3,5	1	4	500	0,13
	65		2	4,15	485,44	0,14
	65		3	4,12	467,29	0,14
	Promedio		4,09	484,24	0,14	
B	75	2.5	1	3,83	555,56	0,19
	75		2	3,9	543,48	0,20
	75		3	4	485,44	0,19
	Promedio		3,91	528,16	0,19	
C	75	3.5	1	5,89	549,45	0,14
	75		2	5,86	490,19	0,14
	75		3	5,84	500	0,14
	Promedio		5,86	513,22	0,14	
D	85	2.5	1	6,07	357,14	0,15
	85		2	6,15	352,11	0,15
	85		3	6,10	344,83	0,14
	Promedio		6,11	351,36	0,15	
E	85	3.5	1	6,45	312,50	0,12
	85		2	6,42	304,88	0,12
	85		3	6,50	312,50	0,12
	Promedio		6,46	309,95	0,12	

Fuente: Elaboración propia

Para determinar el Peso Específico la cantidad de hidróxido de sodio al 0,1 N utilizada al titular las pruebas dio un rango entre 6ml y 16 ml, según sus distintos tratamientos como la

temperaturas y pH. En cambio, para determinar la acidez se utilizó de hidróxido de sodio al 0,1 N en cantidades de 5ml a 13 ml esto varío según sus distintos tratamientos.

Figura 25 Titulación Peso Específico y Acidez Libre.



Fuente: elaboración propia

Temperatura de 65 °C con un pH de 3,5 con un rendimiento de 4,09 % peso equivalente de 484,24 ($\frac{mg}{meq}$) y acidez de 0,14 %. En esta prueba se observó en la pectina un color café clara y textura lisa. Similar a la pectina comercial, sin embargo, su rendimiento es poco.

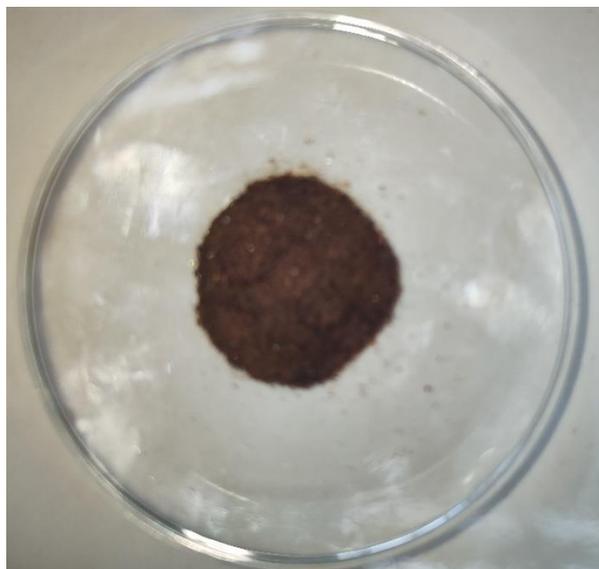
Figura 26 Pectina a 65 C y pH 3,5



Fuente: elaboración propia

Temperatura de 75 °C con un pH de 2,5 con un rendimiento de 3,91 % peso equivalente de 528,16 ($\frac{mg}{meq}$) y acidez de 0,19 %. En esta prueba el rendimiento baja en cuanto al anterior prueba esto se debe al pH, trabajar a esta temperatura implico que la pectina tienda a tener un grado más oscuro de color que la prueba anterior, la textura semi ligeramente rugosa y pegajosa.

Figura 27 Pectina a 75 C y pH 2,5- 3,5



Fuente. elaboración propia

Temperatura de 75 °C con un pH de 3,5 con un rendimiento de 5,86 % peso equivalente de 513,22 ($\frac{mg}{meq}$) y acidez de 0,14%. En la prueba se verifico un incremento en el rendimiento a comparación de la anterior que se trabajó a la misma temperatura, pero incrementando el pH como se mencionó la pectina obtenida fue un color más oscuro al de 65 °C.

Temperatura de 85 °C y pH 2, 5 tiende a tener un rendimiento 6,11 %, peso específico de 351,36 y acidez de 0,14 %. Trabajar a esta temperatura implico un tono café oscuro en la pectina obtenida y de textura granulada pegajosa.

Figura 28 Pectina a 85 C y pH 2,5, 3,5.



Fuente. Elaboración Propia

Temperatura 85 °C y pH 2,5 tiende a tener un rendimiento 6,46 %, peso específico de 309,95 y acidez de 0,12 %. Como se mencionó la pectina obtenida fue de color café oscuro debido a la temperatura y también se observó un ligero incremento en el rendimiento esto debido a que se trabajó a diferente pH.

4.4.2. Porcentaje de Metoxilo y grado de esterificación

Tabla 19 Caracterización porcentaje de metoxilo de la pectina

Nº	Temperatura (°C)	pH	Replicas	Rendimiento (%)	Porcentaje metoxilo (%)	Grado de Esterificación (%)
A	65	3,5	1	4	6,2	60,24
	65		2	4,15	6,39	59,54
	65		3	4,12	6,64	60,80
	Promedio			4,09	6,41	60,19
B	75	2,5	1	3,83	5,58	49,46
	75		2	3,9	5,70	48,42
	75		3	4	6,39	52,82
	Promedio			3,91	5,89	50,23
C	75	3,5	1	5,89	5,64	56,52
	75		2	5,86	6,32	59,30
	75		3	5,84	6,2	59,52
	Promedio			5,86	6,06	58,45
D	85	2,5	1	6,07	8,68	65,73
	85		2	6,15	8,81	65,44
	85		3	6,10	8,99	67,76
	Promedio			6,11	8,82	66,31
E	85	3,5	1	6,45	9,92	72,73
	85		2	6,42	10,17	72,89
	85		3	6,50	9,92	73,06
	Promedio			6,46	10,01	72,89

Fuente: Elaboración propia.

Con el grado de metoxilo se verifico que tipo de metoxilo resulto la pectina de cada tratamiento, como se mencionó en teoría existen dos grados de metoxilo. El alto metoxilo aquellos que tienen grado de esterificación mayor a 50% y los de bajo metoxilo que tienen

esterificación menor a 50%. Por normativa se debe cumplir que la pectina hallada debe tener un valor mayor a 6,7 % de metoxilo.

Figura 29 Porcentaje de metoxilo y acido galacturónico



Fuente: Elaboración propia

A temperatura 65 °C y pH 3,5 nos da un valor de grado de esterificación de 60,19 % lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo sin embargo no cumple con la normativa en cuanto al porcentaje de metoxilo ya que nos dio un resultado de 6,41%.

A temperatura 75 °C y pH 2,5 nos da un valor de grado de esterificación de 50,23%, lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo sin embargo el porcentaje de metoxilo nos dio 5,89 % lo que indica que la pectina hallada no cumple con la norma.

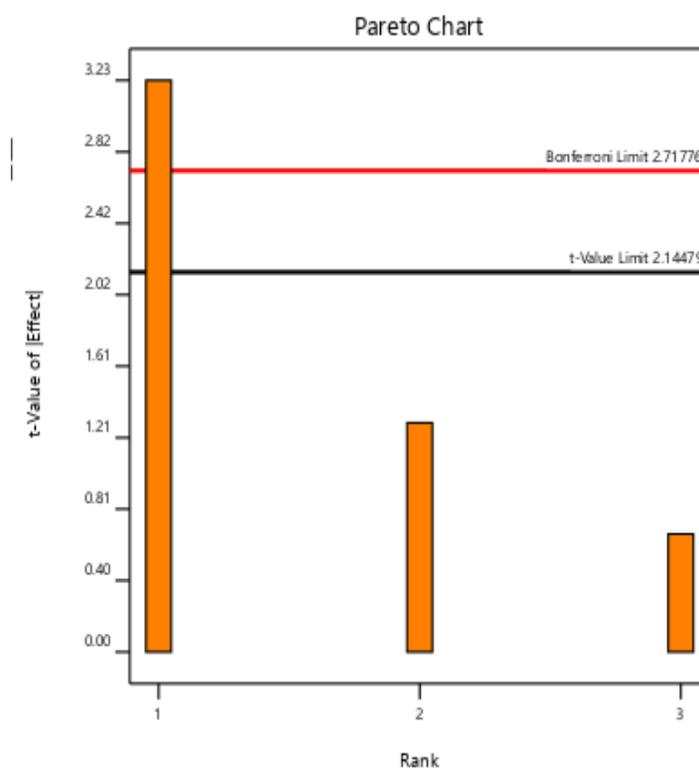
A temperatura 75 °C y pH 3,5 nos da un valor de grado de esterificación de 58,45 % lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo sin embargo no cumple con la normativa en cuanto al porcentaje de metoxilo ya que nos dio un resultado de 6,06%.

A temperatura 85 °C y pH 2,5 nos da un valor de grado de esterificación de 66,31 % lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo, el valor del porcentaje de metoxilo nos dio 8,82% lo cual indica que cumple con la normativa y el rendimiento es aceptable.

A temperatura 85 °C y pH 3,5 nos da un valor de grado de esterificación de 72,89 % lo cual indica que es una pectina de alto metoxilo sin embargo cumple con la normativa en cuanto al porcentaje de metoxilo ya que nos dio un resultado de 10,01% y el rendimiento es aceptable.

4.4.2.1. Análisis ANOVA para el Porcentaje de Metoxilo y Grado de Esterificación

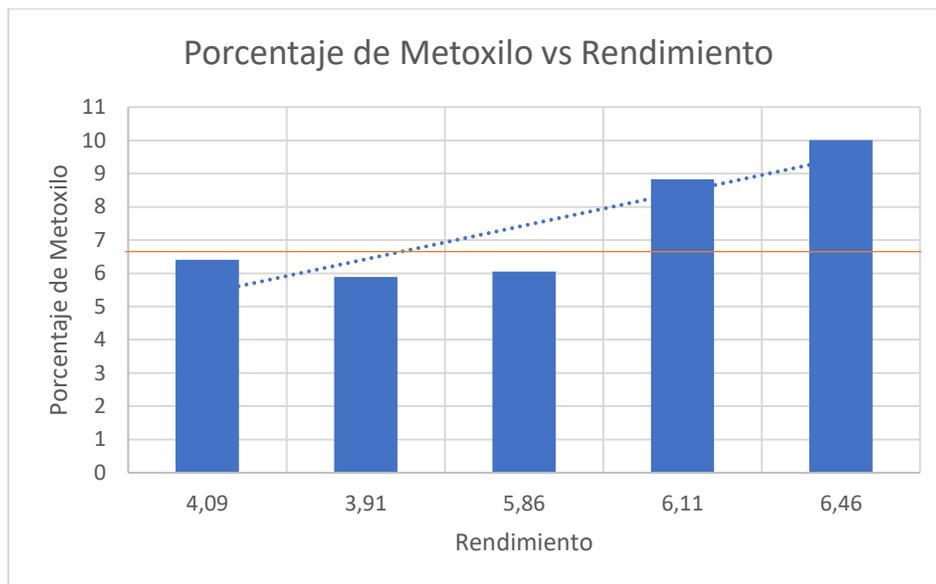
Gráfico 6 Diagrama de Pareto de porcentaje de Metoxilo



Fuente. Elaboración propia

En la figura se observa que el factor temperatura (1) muestra el efecto significativo y los factores pH (2), la interacción (3) no presentan efectos significativos.

Grafica.7 Porcentaje de metoxilo vs rendimiento



Fuente. Elaboración Propia

En la gráfica.7 se observa que la cuarta (6,11%) y quinta columna (6,46%). Son los que cumplen con la normativa de metoxilo que tienen que ser mayor a 6.7%.

4.4.3. Ácido Galacturónico

Tabla20 Caracterización Acido Galacturónico de la pectina

Dato	Temperatura (°C)	pH	Replicas	Rendimiento (%)	Grado Galacturónico (%)
A	65	3,5	1	4	58,43
	65		2	4,15	60,90
	65		3	4,12	61,95
	Promedio			4,09	60,43
B	75	2.5	1	3,83	64,06
	75		2	3,9	66,88
	75		3	4	68,64
	Promedio			3,91	66,53
C	75	3.5	1	5,89	66,67
	75		2	5,86	65,54
	75		3	5,84	69,14
	Promedio			5,86	67,12
D	85	2.5	1	6,07	74,98
	85		2	6,15	76,38
	85		3	6,10	75,33
	Promedio			6,11	75,56
E	85	3.5	1	6,45	77,44
	85		2	6,42	79,20
	85		3	6,50	77,09
	Promedio			6,46	77,91

Fuente. Elaboración Propia

El Acido galacturónico indica la pureza de la pectina por normativa de Food and Agriculture Organization (FAO) indica que la pectina debe ser como mínimo 65 % de pureza para que se indique que es una pectina pura.

A temperatura de 65 ° C y pH 3,5 esta prueba nos dio un valor de 60,43 % de ácido galacturónico indica que la pectina extraída no es tan pura ya que está por debajo de la normativa.

A temperatura de 75 ° C y pH 2,5 esta prueba nos dio un valor de 66,53 % de ácido galacturónico indica que la pectina extraída es pura ya que el valor supera al valor indicado por normativa. Además, la temperatura nos indica que alcanza una mayor ruptura de los enlaces presentes en la estructura proto pectina.

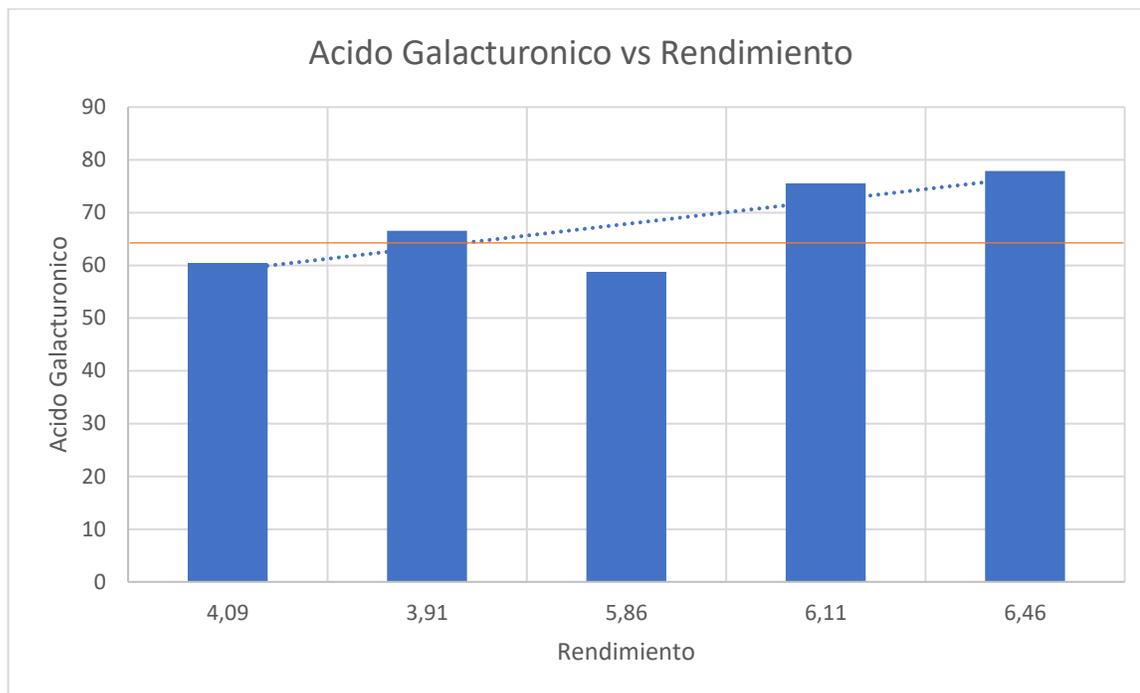
A temperatura de 75 ° C y pH 3,5 esta prueba nos dio un valor de 67,12 % de ácido galacturónico indica que la pectina extraída no es tan pura ya que está por debajo de la normativa.

A temperatura de 85 ° C y pH 2,5 esta prueba nos dio un valor de 75,56 % de ácido galacturónico lo cual indica que pectina extraída es pura ya que el valor supera al valor indicado por normativa.

A temperatura de 85 ° C y pH 3,5 esta prueba nos dio un valor de 77,91 % de ácido galacturónico lo cual indica que pectina extraída es pura ya que el valor supera al valor indicado por normativa. además, que se tiene un bajo peso equivalente que se entiende que tiene un alto contenido de grupos carboxílicos metodizados y por lo tanto un contenido alto de ácido galacturónico.

La prueba a temperatura de 85 C y pH 3,5 es el que tiene menor peso equivalente y un valor alto en acido galacturónico. También se observa que el incremento de temperatura ayuda en que haya una ruptura en los enlaces presentes en la estructura indica que el tiempo es un factor importante en la pureza.

Grafica.8 Diagrama de Acido Galacturónico vs Rendimiento



Fuente. Elaboración propia

4.4.4. Gelificación de la pectina

- Alto Metoxilo

Gelificación rápida: se realiza en menor tiempo aproximadamente menor en 5 minutos, una de sus características es que su grado de esterificación tiende a un rango de 68 % a 75 %.

Gelificación lenta: se realiza a mayor tiempo aproximadamente mayor a 5 minutos, una de sus características es que su grado de esterificación tiende a un rango de 60 % a 68 %.

- Bajo Metoxilo

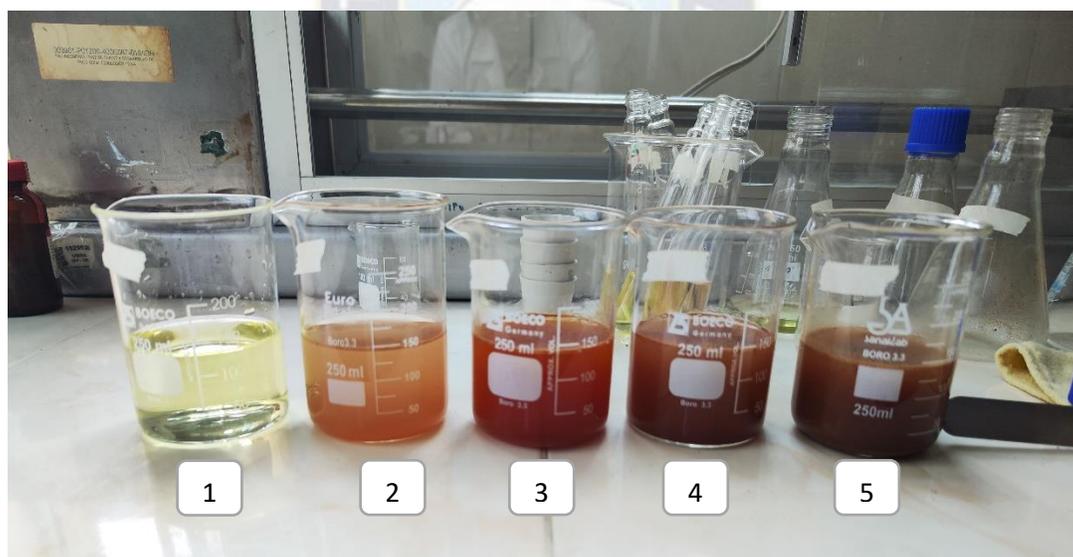
Actúan a bajos pH 3,5 este contiene sólidos solubles 55 % a 85 % sino se encuentra en ese rango ya no actúa como gelificante sino como viscosante.

Tabla21 Grado de gelificación de la pectina

Numero	Sacarosa (g.)	Pectina (g.)	Gelificación
1	100	0,40	250
2	100	0,80	125
3	100	1	100
4	100	1,20	83.30
5	100	1,40	71.40

Fuente: elaboración propia

Figura 30 Resultados de la gelificación de la pectina



Fuente. Elaboración propia

De forma visual se realizaron las pruebas de gelificación

Ensayos con las pruebas de temperatura de 85 ° C y pH 2,5. Se estableció que el ensayo numero 5 nos da un valor de 71.40 su gelificación fue rápida debido a que su tiempo fue menor a 5 minutos aproximadamente 4 minutos y también revisando la tabla de grado de esterificación nos da 72.89 lo cual indica que se trata de una pectina de gelificación lenta.

Ensayos con las pruebas de temperatura de 85 ° C y pH 3,5. Se estableció que el ensayo número 5 nos da un valor de 83.3 su gelificación fue rápido debido a que su tiempo fue mayor a 5 minutos aproximadamente 12 minutos y también revisando la tabla de grado de esterificación nos da 66,31 lo cual indica que se trata de una pectina de gelificación rápida.

Se estableció que el ensayo número 4 se acercan a las características visuales, que este gelificado sobre todo en tiempo menor En la prueba se verifico que la muestra que contiene 1 gramo de pectina se gelifico en las 24 horas y presentaba un espesor por lo cual es indicado.

4.4.5. Humedad

Según la “Association of Analytical Communities” (A.O.A.C. 330.15) indica el método por el cual se debe de realizar la prueba para determinar la humedad de la pectina. Véase en (ANEXO I)

Según la “Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación” (F.A.O.) nos dio un valor permitido para la humedad de la pectina no debe superar el 12 % en cuanto a la humedad.

Tabla22 Humedad en la pectina

Datos	Temperatura (°C)	pH	Humedad (%)
D	85	2,5	9,23
	85	2,5	9,50
	85	2,5	9,72
		Promedio	9,48
E	85	3,5	10,48
	85	3,5	10
	85	3,5	10,67
		Promedio	10.38

Fuente: elaboración propia

Los datos de la tabla.22 nos indican que la pectina D que se trabajó a temperaturas de 85°C y pH de 2,5 son aceptables ya que los datos se encuentran por debajo del valor permitido (<12 %) por norma ya que este permite su conservación, al igual que la pectina E.

4.4.6. Cenizas

Según la “Association of Analytical Communities” (A.O.A.C. 942.05) indica el método por el cual se debe de realizar la prueba para determinar cenizas de la pectina. Véase en (ANEXO I)

Según la “Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación” (F.A.O.) nos dio un valor permitido para las cenizas en la pectina no debe superar el 10 %.

Tabla23 Cenizas en la pectina

Datos	Temperatura (°C)	pH	Cenizas (%)
D	85	2,5	8,48
	85	2,5	8,23
	85	2,5	8,67
		Promedio	8,46
E	85	3,5	8,56
	85	3,5	7,85
	85	3,5	8,31
		Promedio	8,17

Fuente: elaboración propia

Para asegurar su conservación según “food chemicals codex” el contenido de cenizas en la pectina no debe superar el 10 %, como se observa la pectina D y E están aptas para una conservación.

4.4.7. Grasas

Según la “Association of Analytical Communities” (A.O.A.C. 920.39) indica el método por el cual se debe de realizar la prueba para determinar grasas de la pectina. Véase en (ANEXO I)

Según la “Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación” (F.A.O) nos dio un valor permitido para grasas de la pectina no debe superar el 0,5 % en cuanto a la grasa que se encuentra en la pectina.

Tabla24 Grasas en la pectina

Datos	Temperatura (°C)	pH	Grasas (%)
D	85	2,5	0,22
	85	2,5	0,21
	85	2,5	0,30
		Promedio	0,24
E	85	3,5	0,41
	85	3,5	0,40
	85	3,5	0,30
		Promedio	0,37

Fuente: elaboración propia

Los datos obtenidos nos indican que la pectina D que se trabajó a temperaturas de 85°C y pH de 2,5 se encuentran por debajo de los valores establecidos por la Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (<0.5 %) por norma, al igual que la pectina E.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Culminada la presente investigación para la “EXTRACCIÓN DE LA PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO EN LA FÁBRICA DE CHOCOLATES Y DULCES CÓNDROR S.R.L.”, se logró obtener la pectina y se llega a las siguientes conclusiones:

- Caracterización de la materia prima

La cascarilla de cacao da valores que se encuentran dentro de la norma boliviana NB 326006 “Chocolates y Derivados” de color café de forma irregular con: 6,72% (humedad), 7,21% (Cenizas) y 1,73% (Grasas).

- Parámetros en el proceso

Se evaluaron los datos preliminares mediante la metodología de prueba y errores para determinar los parámetros encontrados como: temperatura y pH. La temperatura y el pH mostraron efectos significativos positivamente sobre la variable respuesta “Rendimiento”.

- Condiciones en el diseño

A través del diseño experimental se identificó las condiciones para la extracción de la pectina con una temperatura de 85°C y pH 3,5.

- Caracterizar el producto obtenido

Se ha realizado la caracterización fisicoquímica con la metodología AOAC (Asociación Científica dedicada a la excelencia), se determinó que se encuentran dentro de los rangos establecidos teóricamente por Normas Internacionales FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).

La pectina se identificó como pectina de alto metoxilo, por la cantidad de metoxilo presente 10,01%, el grado de pureza 77,91% ácido galacturónico y 72,89% grado de esterificación. La cual se puede emplear en industrias de alimentos.

Se verificó que la pectina es de gelificación rápida ya que su grado de esterificación es de 72,89% que se encuentra en el rango de (68% y 75%). Para la conservación de la pectina también se realizaron otras caracterizaciones fisicoquímicas como la humedad 10,38%, cenizas 8,17% y grasas 0,37%.



5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios que ayuden a recuperar los alcoholes utilizados, ya que este tiene un costo y genera que la extracción tienda a tener un costo elevado.
- Se recomienda para el secado de la pectina realizarlo por otro método ya que el secado por convección causa en la pectina oscurecimiento.
- Se recomienda determinar el contenido de los componentes fenólicos que hacen que la pectina tienda a oscurecer y aplicar un proceso de decoloración para que se asemeje a la pectina comercial.



6 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Ramirez Erika Maria, (2007) “Desarrollo de un proceso a escala laboratorio para la obtención de pectina y taninos a partir de la algarroba (*HYMENAEA COURBARIL-L*), para ser utilizado en la industria alimenticia y la del cuero”, Escuela de Ingeniería, Universidad, Medellín.
- Avila J. y Cipiran V. (1996) “Características de la pectina”, México.
- Valenzuela, L., & Ortiz, B., & Perez, C. (2014). Estudio comparativo del efecto metabolico de arepas enriquecidas con pectina extraida de guayaba (*Psidium guajava*) o pectina citrica comercial. *Revista Colombiana de Química*.
- Ávila, E. (2019). *Extracción y caracterización de pectina a partir de residuos de cáscaras de piña (Ananas comosus) por el método de hidrólisis ácida*.
- Ávila, M. A. R. (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*, 96.
- Barraza G, Mora F, Obregón J., (2013) “Sinéresis características reológicas y consistencia sensorial de salsa de alcachofa (*Cynara scolymus L.*)” Universidad Nacional De Trujillo.
- Betancourt Latorre Lucas, Llano Moreno Juan, (2009) ‘Extracción de pectinas a partir de los subproductos del beneficio del cacao’ universidad EAFIT escuela de ingeniería, Medellín.
- Bravo, A. & Condo, E. (2015). *Comparacion de la pectina obtenida a partir del aprovechamiento de las cascaras de banano y cacao por el metodo de hidrolisis acida (tesis pregrado)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8938>.
- C. Moreno, (2010) «Extracción y caracterización de pectinas. Procesos Agroindustriales. Universidad Nacional del Santa. Perú.
- Calderón U. K. M. (2017) *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN – 51 Bach. [Tesis de licenciatura, Facultad De Ingeniería Agroindustrial- Perú]* <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3132>
- Calvo Revollar Miguel. (1991) *bioquímica y valor nutritivo de los alimentos* ISBN 84-200-0699-8
- Canaviri C.M. y Mamani C.L. (2020) *Elaboracion y caracterización de películas y recubrimientos comestibles a base de pectinas obtenidas a partir de la cascara de naranja y toronja. Tesis de licenciatura, Facultad de Tecnología – Química Industrial- La Paz, Bolivia*.
- Canteri MH, Gilvan LM, Scheer A. *Pectina: da Matéria prima ao Produto final. Polímeros*, 2012; 22 (2): 149-157.

- Chan, S. y Choo, W. (2013). *Effect of extraction conditions on the yield and chemical properties of pectin from cocoa husks*. *Revista Digital ScienceDirect*. Recuperado el 20 de junio de 2015: <http://www.sciencedirect.com>
- Chasquibol, N., Arroyo, E. & Morales, J. (2008). *Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana*. *Ingeniería Industrial*, (26). 175-199. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337428492010>.
- Culquimboz, Y. M. y Ocampo, S. M. (2010). *Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (Vasconcellea weberbaueri (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas*. *Rev. Aporte Santiaguino*, 3(2), 177-184.
- Desarrollo productivo y economía plural, 2018 Boletín del exportador serie productos de la oferta exportable N° 15* www.vcie.produccion.gob.bo,
- Duran V. Honores M & Cáceres, P (2012) “*obtención de la pectina en polovo a partir de la cascara de maracuyá (pasiflora Edulis)*” *Escuela Superior Politécnica Del Litoral*.
- García, E. E. A. (2010). *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenidas a partir de citrus paradisi (Gray Fruit)*. *Universidad De El Salvador*, 31.32.
- Ginés Navarro García (1985) *Sustancias pécticas Química y aplicaciones. Edición 1*
- Lopez, M. S. (2013). *Extracción de pectina de cocona (Solanum sessiliflorum dunal) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica. (tesis de Ingeniería Agroindustrial)*, 1–138.
- M. Baena y N. Garcia, (2012) «*Obtención y caracterización de fibra dietaria a partir de cascavilla de las semillas tostadas de theobroma cacao l. De una industria chocolatera colombiana.*» *Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Risaralda*.
- Marca M. J.R. y Castro M. F. (2018) *Caracterización morfológica de cacao nacional boliviano (Theobroma Cacao L.) en Sapecho, Alto Beni – Bolivia*. *Revista de la carrera de Ingeniería Agrónoma UMSA*
- Montgomery, D. C. (2004). *Diseño y Análisis de Experimentos (Segunda Edición ed.)*. México D.F.: Limusa S.A.

- Muñoz Ordoñez Francisco José, (2011) “Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos eco tipos de cocona (*Solanum sessiliflorum*)”, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Bogotá.
- Ortiz, B. & Anzola, C. (2018). Estudio del efecto fisiológico del consumo de arepas enriquecidas con pectina extraída de la cascara de curuba (*Passiflora tripartita* var. *mollissima*). *Revista colombiana de química*
- Owens, Mccready, Shepherd y Shults, «Methods used western regional research laboratory for extraction and analysis of pectic materials.,» AIC-340, Western, Regional Research Laboratory. Albany, California, 1952.
- Párraga, V. N., Murillo, J. P. y Moreira, A. K. (2015). Uso de los ácidos cítricos y clorhídrico y sus efectos en las características fisicoquímicas de la pectina del albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*). *Revista La Técnica*(15), 90-99.
- Pagan J. Degradación enzimática y características físico químicas de la pectina del bagazo de melocotón [Tesis]. Salamanca: Universitat de Lleida
- Silva, A. V. y Cruz, J. B. (2018). Caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante variación del ácido y temperatura. Tumbes-Perú.
- Suárez DL; Orozco DM. (2014) Obtención y Caracterización de pectina a partir de la cascarilla de cacao del *Theobroma Cacao* l., subproducto de una industria chocolatera nacional [Tesis]. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología.
- Telesca M. (2008) Características e Aplicações em Alimentos [Tesis]. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. Departamento de Ciência dos Alimentos.
- Villegas Romina, Astorga Carlos, (2005) “Caracterización morfológica del cacao nacional boliviano, alto Beni, Bolivia” *Agroforestería de las Américas* N 43-44.
- Vargas Lucero, (2022) “las propiedades de la cascarilla del grano de cacao” *Centro de investigación en alimentación y desarrollo (CIAD)*.
- Villani, C. A. M., Ceron, R. F. y Mera, J. M. (2010). Evaluación de la calidad de las pectinas cítricas obtenidas a partir de las cáscaras de naranja, de las variedades valencia.
- Villegas R. y Astorga Carlos (2005) Caracterización morfológica del cacao Nacional Boliviano, Alto Beni, Bolivia. *Agroforestería en las Américas*

Villegas Romina, Astorga Carlos, (2005) "Caracterización morfológica del cacao nacional boliviano, alto Beni, Bolivia" Agroforestería de las Américas N 43-44.

Vriesmann, L., Teófilo, R. and De Oliveira, C. (2012). Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (Theobroma Cacao L.) With citric acid. Food Science and Technology. 49(1):108-116.

Wiles, (1971) "Estructura de la molécula de la pectina", México.

7 ANEXOS

7.1. ANEXO 1: Caracterización

Caracterización de la cascarilla de cacao

Humedad (REFERENCIA NB 326012)

Procedimiento

- Tare la capsula vacía previamente secada, colocar la muestra cascarilla de cacao (10g), cubra la capsula con tapa y proceder a a pesar.
- Colocar la capsula con la muestra a una estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 16 ± 1 h la tapa de la capsula debe estar dentro de la estufa, no abrir la estufa. Al cabo del tiempo tapar de inmediato la capsula con su tapa para proceder a asacar a un desecador.
- En el desecador dejar enfriar a temperatura ambiente por un tiempo de 30 a 40 min. pee la capsula tapada con una precisión de 1mg por duplicado.

Expresión de resultados

$$\% \textit{Humedad} = \frac{P_1 - P_2}{P_1 - P_0} * 100$$

Donde:

P_0 = masa de capsula vacía con su tapa [g]

P_1 = masa de capsula con tapa y con la muestra antes de desecarla en la estufa [g]

P_2 = masa de capsula con tapa y con la muestra después de desecarla en la estufa [g]

Determinación de peso equivalente (METODO OWENS,1952)

Procedimiento

- Pesar 500 mg de pectina extraída en un vidrio reloj para luego llevar a un matraz de 250 ml.
- Al matraz se debe de añadir 5 gotas de alcohol absoluto posterior adicionar 100 ml de agua destilada y añadir 6 gotas de indicador rojo fenol posteriormente se agito.
- Llenar una bureta con una solución de hidróxido de sodio al 0,1 N para la titulación.

Expresión de resultados

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{\text{compuesto acido (mg)}}{\text{meq NaOH}}$$

Donde:

Compuesto acido = pectina extraída

Determinación de acidez libre (METODO OWENS, 1952)

Procedimiento

- Pesar 0,5 g de pectina extraída en un vidrio reloj para luego llevar a un matraz.
- Se agrego 25 ml de agua destilada, se añadió 5 gotas de fenolftaleína al 1% y se lleva a una plancha de agitación durante 30 min.
- Llenar una bureta con una solución de hidróxido de sodio al 0,1 N para la titulación.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Acidez Libre} = \frac{\text{meq NaOH}}{\text{compuesto acido (g)}} * 100$$

Donde:

Compuesto acido = pectina extraída

Porcentaje de metoxilo (METODO OWENS, 1952)

Procedimiento

- A la solución anterior se agrega 25 ml de NaOH 0.25 N después se agito vigorosamente dejándose en reposo por 30 min a temperatura ambiente.
- Se agrego 25 ml de HCl a 0.25 N posterior se agita.
- Se lleno la bureta con NaOH 0.1 N para la titulación hasta que se obtenga un color purpura rojizo hasta un pH 7.5 durante 20 segundos.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Metoxilo} = \frac{\text{meq } B * 31 * 100}{\text{mg componente acido}}$$

Donde:

meq B = miligramos de NaOH

Grado de ácido galacturónico (METODO OWENS, 1952)

Procedimiento

Con los datos obtenidos de metoxilo y acides libre. Es esencial para determinar la pureza y grado de esterificación para evaluar sus propiedades físicas

Expresión de resultados

$$A. \text{ Galacturonico} = \frac{176 * 100 * (\text{meq } A + \text{meq } B)}{\text{Peso de muestra (mg)}}$$

Donde:

meq A = miliequivalentes de NaOH utilizados en la titulación de la acidez.

meq B = miliequivalentes de NaOH utilizados en la titulación de metoxilo.

Grado de esterificación (METODO OWENS, 1952)

Procedimiento

- Con los datos obtenidos de metoxilo y acidez libre.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Esterificación} = \frac{\text{meq B}}{\text{meq A} + \text{meq B}} * 100$$

Donde:

meq A = miliequivalentes de NaOH utilizados en la titulación de la acidez.

meq B = miliequivalentes de NaOH utilizados en la titulación de metoxilo.

Grado de gelificación (METODO C. MORENO, 2010)

Procedimiento

- En seis vasos de precipitado de 200 ml rotulados de 0,4 a 1,4 g de pectina sucesivamente a cada vaso se le debe añadir 50ml de agua destilada luego debe llevarse a ebullición para que se disuelva la pectina completamente.
- Posterior se agrega a cada vaso 100g de sacarosa agitando en baño maría para obtener el calor y se homogenice.
- Finalmente se adiciono agua destilada 150 ml y se adiciono ácido cítrico hasta obtener un pH de (3,2 – 3,5).
- Se debe dejar reposar durante 24 horas luego se debe evaluar visualmente sus características.
- Se elige el gel que presenta las características mas apropiadas y se aplica la siguiente ecuación:

Expresión de resultados

$$\text{Grado de Gelificación} = \frac{\text{g. sacarosa}}{\text{g. pectina usada}}$$

Análisis Proximal

El método a emplear será A.O.A.C. y siguiendo los requisitos de la FAO

Humedad (A.O.A.C. 930.15)

Procedimiento

- En una placa Petri limpia y seca, pesar previamente tarado 10g de muestra.
- Las cajas llevar a la estufa por 2,5 horas a $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Enfriar en el desecador por 30 min. y pesar.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(P_1 - P_2)}{m} * 100$$

Donde:

P_1 = peso de placa más muestra húmeda

P_2 = peso de placa más muestra seca

m = peso de la muestra húmeda

Cenizas (A.O.A.C. 942.05)

Procedimiento

- En un crisol previamente pesado pesar 2 g. de muestra luego se lleva a la mufla a 600°C por un tiempo de 2 horas.
- Al terminar el tiempo se lo lleva al desecador hasta que se enfríe y registrar el peso final.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{C - A}{B - A} * 100$$

Donde:

A = masa de crisol (g).

B = masa de crisol y muestra seca (g).

C = masa de crisol y muestra calcinada (g).

Grasas (A.O.A.C. 920.39)

Colocar la muestra ya pesada en el dedal de extracción procurando que se encuentre bien envuelta en el papel filtro, Colocar el dedal en el aparato soxhlet. Agregar 150 ml de éter de petróleo en el matraz de extracción que contiene perlas de vidrio previamente secado y pesado luego se realiza

Procedimiento

- Colocar la muestra ya pesada en el dedal de extracción procurando que se encuentre bien envuelta en el papel filtro.
- Colocar el dedal en el aparato soxhlet. Agregar 150 ml de éter de petróleo en el matraz de extracción que contiene perlas de vidrio previamente secado.
- La conexión de los mismos aparatos para proceder a realizar la extracción en 6 horas, al final de la extracción evapore el solvente del matraz utilizando parte del instrumento para la destilación con el fin de recuperar el solvente.
- Sacar el matraz a una estufa a temperatura de 100 °C durante 2h.

Expresión de resultados

$$\% \text{ Grasas} = \frac{(P_2 - P_1)}{m} * 100$$

Donde:

P_1 = peso en gramos del matraz con la grasa extraída.

P_2 = peso en gramo del matraz sin grasa.

m = peso en gramos de la muestra.

7.2.ANEXO II: Procedimiento de la extracción

Procedimiento

a) Materia prima e inactivación de enzimas

Figura 31 materia prima y inactivación de enzimas



Fuente. Elaboración propia

b) Lavado y molienda de la cascarilla de cacao

Figura 32 Lavar y Molienda de la cascarilla



Fuente. Elaboración propia

c) Extracción de la pectina por hidrolisis acida

Figura 33 Extracción de la pectina y Extracción de la pectina 2



Fuente. Elaboración propia

d) Filtración y Precipitación

Figura 34 Filtración y Filtración 2



Fuente. Elaboración propia

e) Separación y Purificación

Figura 35 Separación y Purificación



Fuente. Elaboración propia

f) Secado

Figura 36 Secado y Secado 1



Fuente. Elaboración propia

Figura 37 Pulverizar y Pulverizar en el mortero



Fuente. Elaboración propia

g) Envasar

Figura 38 Envasar y Envasar1



Fuente. Elaboración propia

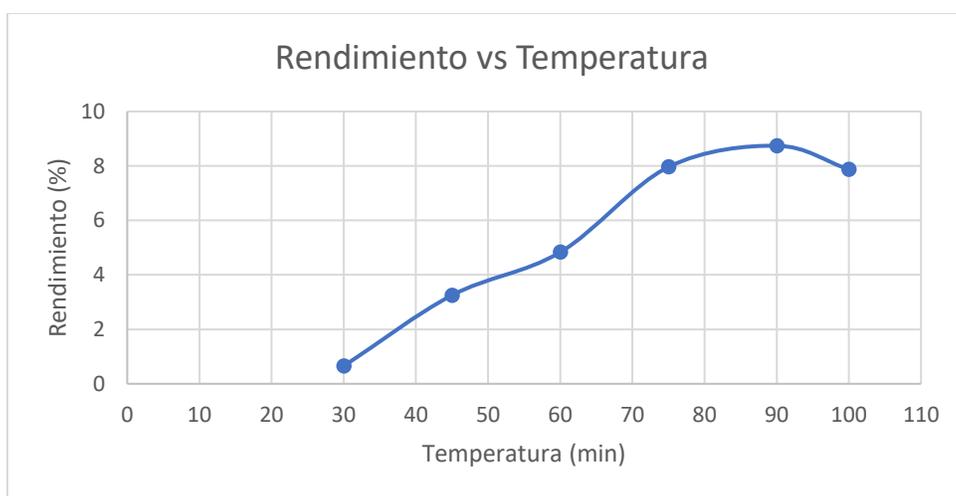
7.3. ANEXO III: Pruebas preliminares

– LABORATORIO

Se realizaron pruebas preliminares para descartar variables que no afecten en el proceso de la pectina y poder realizar el diseño ideal.

Se tomaron en cuenta los valores límite superior y los límites inferiores. Para cada prueba se verifico el rendimiento como variable respuesta.

Grafico 7 Rendimiento vs Temperatura



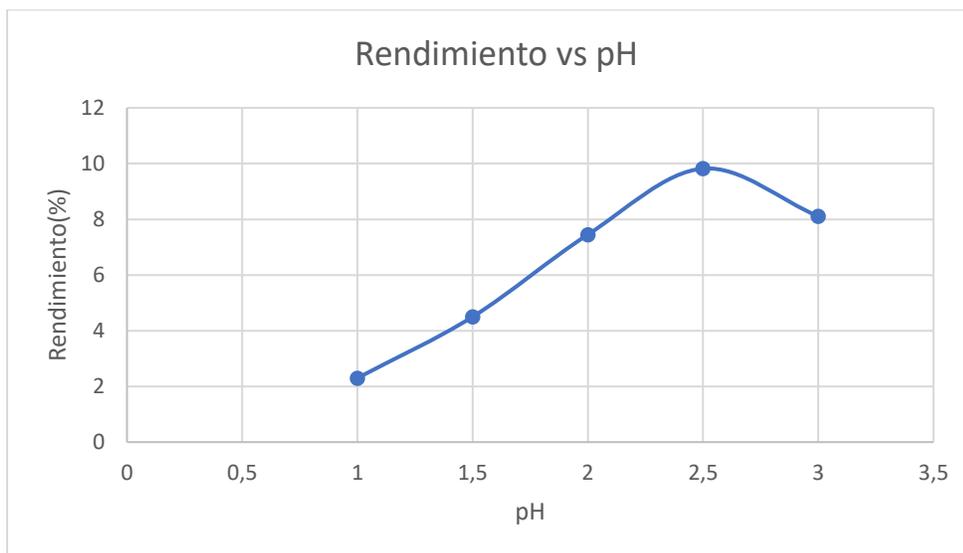
Fuente: elaboración propia

Grafico 8 Rendimiento vs Tiempo



Fuente: elaboración propia

Gráfico 9 Rendimiento vs pH

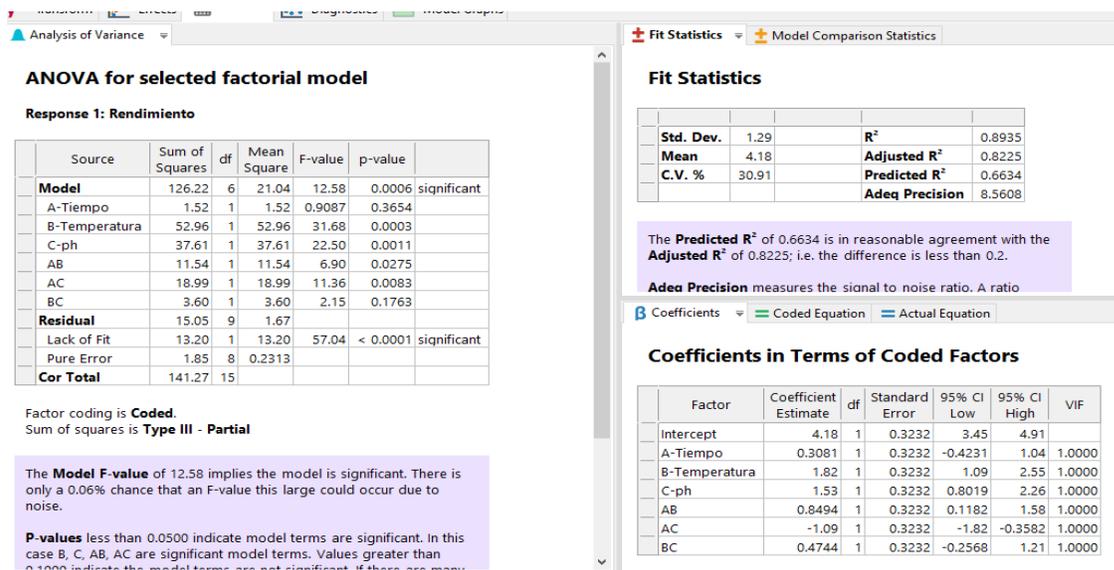


Fuente: Elaboración propia

– DISEÑO Y ANALISIS ANOVA

Se realizo un diseño

Figura 39 Tiempo:45-110 Min. Temperatura: 30-100°C ph:1-3



Fuente: Elaboracion propia

Autor: Univ. Carminia Aracely Flores Yujra

Correo: aracelyta.flowers@gmail.com

Celular: 61108845



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-1533/2024
La Paz, 23 de mayo de 2024**

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **17 de mayo de 2024**, por **CARMINIA ARACELY FLORES YUJRA** con **C.I. N° 8336336 LP**, con número de trámite **DA 850/2024**, señala la pretensión de inscripción del Trabajo Dirigido titulado: **"EXTRACCIÓN DE LA PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO EN LA FÁBRICA DE CHOCOLATES Y DULCES CÓNDOR S.R.L."**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el *"Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración"*.

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece *"Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión"*. En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: *"la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"*

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: *"...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"*

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: *"... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los*



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Uriolagotia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160

www.senapi.gob.bo



ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

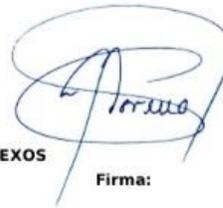
INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Trabajo Dirigido titulado: "**EXTRACCIÓN DE LA PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO EN LA FÁBRICA DE CHOCOLATES Y DULCES CÓNDOR S.R.L.**" a favor de la autora y titular: **CARMINIA ARACELY FLORES YUJRA** con **C.I. N° 8336336 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/Im

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA



Firma:



17Qbd6Ff3Ce52F

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Tells.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Tells.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Tells.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Lda. Piso 2, Of. 58,
Zona 16 de Julio.
Tells.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Umiatagaita,
Zona Parque Bolívar.
Tell.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Awama
Edif. Santa Clara, N° 243.
Tell.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Tell.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Tell.: 72018150

