



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“CARACTERIZACIÓN DE PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE
CÁSCARAS DE PITAHAYA (*Selenicereus megalanthus*)”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA:

GLORIA MARIBEL BONILLA LUCERO

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“CARACTERIZACIÓN DE PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE
CÁSCARAS DE PITAHAYA (*Selenicereus megalanthus*)”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: GLORIA MARIBEL BONILLA LUCERO

DIRECTORA: BQF. SANDRA ELIZABETH LÓPEZ SAMPEDRO Mg

Riobamba – Ecuador

2022

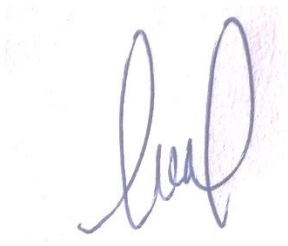
© 2022, Gloria Maribel Bonilla Lucero

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gloria Maribel Bonilla Lucero, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de noviembre de 2022.



Gloria Maribel Bonilla Lucero

CI: 150114956-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, “**CARACTERIZACIÓN DE PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA (*Selenicereus megalanthus*)**”, realizado por la señorita: **GLORIA MARIBEL BONILLA LUCERO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Georgina Ipatia Moreno Andrade MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-10-17
Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro Mg. DIRECTORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-10-17
Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-10-17

DEDICATORIA

A mis padres, especialmente a mi madre por su apoyo incondicional e inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, por ser mi pilar fundamental y enseñarme a nunca rendirme y que gracias a su trabajo, sacrificio y amor he alcanzado terminar con mi carrera profesional. A mis hermanos Wilson, Carlos, Rosa, Verónica, Mónica y Jennifer por su apoyo incondicional, por darme ánimos y brindarme su cariño durante todo este proceso, por sus consejos, y por a pesar de todo estar siempre a mi lado, además a Josué Pastrano que de una u otra manera influyó en la culminación de este objetivo.

Maribel

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darme la vida y regalarme salud, paciencia y sabiduría, para alcanzar uno de mis sueños y culminar una más de mis etapas académicas, a mis padres por su apoyo moral y económico, les amo y gracias por absolutamente todo, a todos mis profesores, por impartir sus conocimientos y orientarme académicamente con su experiencia y profesionalismo, e indudablemente a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO y a la ESCUELA DE AGROINDUSTRIA, por abrirme las puertas para cumplir este sueño.

Maribel

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Antecedentes.....	3
1.2.	Planteamiento del problema.....	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Objetivos.....	4
1.4.1.	<i>Objetivo General.....</i>	5
1.4.2.	<i>Objetivos específicos.....</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Antecedentes de investigación.....	6
2.2.	Referencias teóricas.....	7
2.2.1.	<i>Pitahaya (<i>Selenicereus megalanthus</i>).....</i>	7
2.2.1.1.	<i>Generalidades.....</i>	8
2.2.1.2.	<i>Clasificación taxonómica.....</i>	8
2.2.1.3.	<i>Origen.....</i>	8

2.2.1.4.	<i>Producción</i>	9
2.2.1.5.	<i>Características Generales</i>	9
2.2.1.6.	<i>Composición química y nutricional de la pitahaya</i>	9
2.2.2.	<i>Usos de la Pitahaya (industriales, alimenticios)</i>	11
2.2.2.1.	<i>Aprovechamiento de residuos</i>	11
2.2.3.	<i>Pectina</i>	12
2.2.3.1.	<i>Clasificación de las pectinas</i>	13
2.2.3.2.	<i>Estructura de las pectinas</i>	15
2.2.3.3.	<i>Propiedades fisicoquímicas de las pectinas</i>	15
2.2.3.4.	<i>Gelificación de las pectinas</i>	17
2.2.4.	<i>Métodos de extracción de pectina</i>	17
2.2.4.1.	<i>Hidrólisis Ácida</i>	18
2.2.4.2.	<i>Extracción alcalina</i>	18
2.2.4.3.	<i>Extracción por microonda</i>	18
2.2.4.4.	<i>Extracción enzimática</i>	19
2.2.4.5.	<i>Ácidos</i>	19
2.2.5.	<i>Identificación de pectinas</i>	19
2.2.6.	<i>Requerimientos de la pectina</i>	20
2.2.7.	<i>Métodos de purificación</i>	20
2.2.7.1.	<i>Centrifugación</i>	20
2.2.8.	<i>Aplicaciones industriales de la pectina</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Localización y duración del experimento	24
3.2.	Unidades experimentales	24
3.3.	Materiales, equipos, reactivos e insumos	24
3.3.1.	<i>Materiales</i>	24

3.3.2.	<i>Equipos</i>	25
3.3.3.	<i>Reactivos</i>	25
3.3.4.	<i>Insumos</i>	25
3.4.	Tratamientos y diseño experimental	26
3.5.	Mediciones experimentales	26
3.5.1.	<i>Análisis fisicoquímicos en la materia prima</i>	26
3.5.2.	<i>Análisis fisicoquímicos a la pectina obtenida</i>	27
3.5.3.	<i>Análisis económico</i>	27
3.6.	Análisis estadístico y pruebas de significancia	27
3.7.	Procedimiento experimental	28
3.7.1.	<i>Preparación de la materia prima</i>	28
3.7.2.	<i>Triturado y secado</i>	28
3.7.3.	<i>Hidrólisis ácida para la extracción de la pectina</i>	28
3.8.	Metodología de la evaluación	30
3.8.1.	<i>Determinación del contenido de humedad</i>	30
3.8.2.	<i>Determinación del contenido de cenizas</i>	30
3.8.3.	<i>Determinación de pH</i>	31
3.8.4.	<i>Determinación del índice de metoxilo</i>	31
3.8.5.	<i>Determinación del grado de gelificación</i>	31
3.8.6.	<i>Determinación de rendimiento</i>	32
3.8.7.	<i>Determinación de la rentabilidad</i>	32

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	33
4.1.	Análisis fisicoquímicos en las cáscaras de pitahaya	33
4.1.1.	<i>Humedad (%)</i>	33
4.1.2.	<i>Cenizas (%)</i>	34
4.1.3.	<i>pH</i>	35

4.2.	Obtención e identificación de la pectina	36
4.3.	Análisis fisicoquímicos en la pectina obtenida	36
4.3.1.	<i>Humedad (%)</i>	<i>37</i>
4.3.2.	<i>Cenizas (%)</i>	<i>38</i>
4.3.3.	<i>pH</i>	<i>39</i>
4.3.4.	<i>Índice de metoxilo (%)</i>	<i>40</i>
4.3.5.	<i>Grado de gelificación</i>	<i>41</i>
4.4.	Rendimiento total en el proceso de obtención de la pectina	42
4.5.	Análisis económico del proceso de obtención de pectina	43
4.5.1.	<i>Costos de producción</i>	<i>43</i>
4.5.2.	<i>Beneficio/costo</i>	<i>43</i>
	CONCLUSIONES.....	45
	RECOMENDACIONES.....	46
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS10	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla (<i>Selenicereus megalanthus</i>)	8
Tabla 2-2:	Composición química y nutricional por cada 100g de la pitahaya	10
Tabla 3-2:	Contenido de pectina en algunas frutas.	12
Tabla 4-2:	Especificaciones de pureza para pectinas comerciales.	20
Tabla 1-3:	Esquema del experimento	26
Tabla 2-3:	Esquema del ADEVA.	27
Tabla 1-4:	Composición fisicoquímica de las cáscaras de pitahaya de los distintos lugares de producción.....	33
Tabla 2-4:	Resultados de las pruebas realizadas para identificación de pectina.	36
Tabla 3-4:	Composición fisicoquímica de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de diferentes lugares de producción.	37
Tabla 4-4:	Análisis estadístico a la prueba de rendimiento del proceso de extracción de pectina de cáscaras de pitahaya.....	42
Tabla 5-4:	Evaluación económica de la pectina de cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Fruto (pitahaya amarilla)	7
Figura 2-2: Clasificación de las pectinas de acuerdo al grado de esterificación.	14
Figura 3-2: Estructura de las pectinas su grado de esterificación.	15
Figura 4-2: Aplicaciones generales de las pectinas.	23
Figura 1-3: Diagrama de flujo para el proceso de extracción de pectina	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Contenido de humedad (%) de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.	34
Gráfico 2-4:	Contenido de cenizas (%) de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.	35
Gráfico 3-4:	El pH en las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.	36
Gráfico 4-4:	Contenido de humedad (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.	38
Gráfico 5-4:	Contenido de cenizas (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.	39
Gráfico 6-4:	El pH de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.	39
Gráfico 7-4:	Contenido de índice de metoxilo (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.	40
Gráfico 8-4:	Grado de gelificación de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.	41
Gráfico 9-4:	El rendimiento (%) del proceso de obtención de pectina de diferentes lugares de procedencia.	43

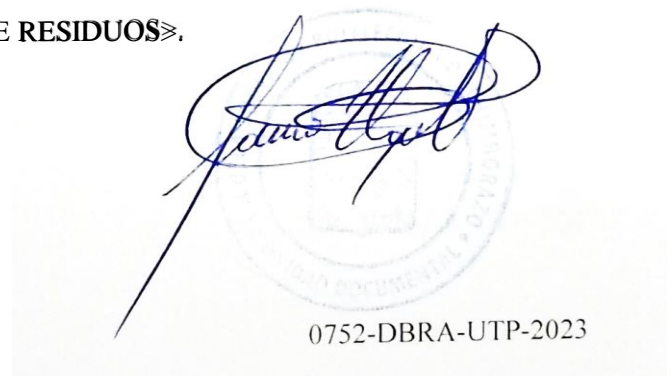
ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** ESPECIFICACIONES OFICIALES DE PUREZA PARA PECTINAS COMERCIALES
- ANEXO B:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS CASCARAS DE PITAHAYA.
- ANEXO C:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE CENIZAS DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA.
- ANEXO D:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PH DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA.
- ANEXO E:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO F:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE CENIZAS DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO G:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PH LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO H:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÍNDICE DE METOXILO DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO I:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL GRADO DE GELIFICACIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO J:** ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO K:** REPORTE DEL RENDIMIENTO DE LA PECTINA OBTENIDA
- ANEXO L:** REPORTE DE LOS ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA Y DE LA PECTINA OBTENIDA.
- ANEXO M:** IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad la caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megatanthus*) procedentes de las ciudades Palora, Santo Domingo y Babahoyo, por lo que se consideró como tratamientos experimentales el sitio de procedencia con 5 repeticiones de cada uno y distribuidas bajo un DCA. El proceso de extracción de la pectina se realizó bajo las mismas condiciones a los tratamientos, efectuándose la hidrólisis ácida a 90 °C por 90 minutos con ácido clorhídrico a 0,1 N, los resultados experimentales fueron analizados mediante el software estadístico Infostat vs 2020 donde se realizó el análisis de varianza y la prueba de Tukey para la separación de medias. Determinándose que las cáscaras de pitahaya contienen en promedio 77,50 % de humedad, 1,54 % de cenizas y un pH de 5,99 presentando pequeñas variaciones de acuerdo al lugar de procedencia; la pectina que presenta mayor índice de metoxilo (10,76 %) y grado de gelificación (98,83) son las que procedieron de Palora y las de menor calidad las que provienen de Babahoyo (8,92 % y 97,37, en su orden); la mejor respuesta en el rendimiento presentó las de Santo Domingo (9,24 %) con un costo de producción de 20,93 dólares/ kg y un B/C de 1,43; se recomienda extraer pectina de cáscaras de pitahaya de Palora por cuanto presenta mejores contenidos de índice de metoxilo y grado de gelificación, aunque económicamente resulta más rentable obtener pectina de las cáscaras provenientes de Santo Domingo.

Palabras clave: <PECTINA>, <REVALORIZACIÓN>, <HIDRÓLISIS ÁCIDA>, <PITAHAYA>, <APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS>.



0752-DBRA-UTP-2023

ABSTRACT

The purpose of this research was the characterization of pectin obtained from pitahaya peels (*Selenicereus megatanthus*) from the cities of Palora, Santo Domingo, and Babahoyo, for which the experimental treatments were considered as the site of origin with five replicates of each one and distributed under a DCA. The pectin extraction process was conducted under the same conditions as the treatments, with acid hydrolysis at 90 °C for 90 minutes with 0.1 N hydrochloric acid. The experimental results were analyzed using the statistical software Infostat vs. 2020, where the analysis of variance and Tukey's test for the separation of means were performed. It was determined that pitahaya peels contain an average of 77.50% moisture, 1.54% ash, and a pH of 5.99, with little variations according to the place of origin. The pectin with the highest methoxyl index (10.76 %) and degree of gelation (98.83) were those from Palora, and those from Babahoyo (8.92 % and 97.37, in that order) were of the lowest quality. The best yield response was obtained in Santo Domingo (9.24%) with a production cost of US\$20.93/kg and a B/C of 1.43%. It is recommended to extract pectin from pitahaya peels from Palora because it presents better methoxyl index contents and gelification degree. Although economically, it is more profitable to obtain pectin from the peels from Santo Domingo.

Keywords: <PECTIN>, <REVALUATION>, <ACID HYDROLYSIS>, <PITAHAYA>, <WASTE UTILIZATION>.

0752-DBRA-UTP-2023



Silvana Patricia Céleri Quinde

C.C. 0602669830

INTRODUCCIÓN

En Ecuador las pitahayas amarillas (*Selenicereus megalanthus*), también conocidas como frutas del dragón tienen gran demanda a nivel nacional y mundial, debido a los innumerables beneficios que aportan a la salud, siendo fuente muy importante de antioxidantes naturales, destacándose también por su contenido en pectina, vitamina C y vitamina B12, vital para producción de glóbulos rojos (Ovies, 2015). Se producen aproximadamente 1528 hectáreas de pitahaya en las provincias de Pastaza, Morona Santiago, Napo, Guayas, los Ríos, Manabí, Santa Elena, Esmeraldas, Santo domingo de los Tsáchilas y el Oro (Vargas et al., 2020, pp. 5-9), siendo exportadas a 17 países alrededor del mundo. Según (Ecuador Exporta, 2021) la industrialización de productos elaborados a base pitahaya está en constante crecimiento a escala nacional elaborándose productos como vinos, mermeladas, jaleas, deshidratados y jabones, siendo las cáscaras su residuo principal.

La pectina es un polisacárido que se encuentra en todos los tejidos vegetales, sin embargo, por la cantidad no es posible extraer de todos los vegetales, por ello la industria alimentaria ha optado por la obtención de pectina de frutos cítricos, debido a que se encuentran en mayor cantidad (Almeida, 2017, p. 11). Actualmente debido a la gran demanda que poseen las pectinas por sus propiedades de gelificantes, espesantes, estabilizante y emulsionantes (Cabarcas et al., 2012, p. 16), se recurre a la investigación sobre la extracción de pectina de residuos de frutos no tradicionales como cáscaras de cacao, cáscaras de plátano, cáscaras de papa, entre otros. Adicional a esto, las pectinas que se utilizan en el país para la elaboración de diferentes productos provienen de importaciones de países como México, Estados Unidos y Dinamarca, lo cual genera elevados costos de producción (Muñoz, 2014, p. 22).

Existen varios métodos para la extracción de pectinas tales como, extracción enzimática, microbiana, por reflujo, asistida por microondas y la extracción por hidrólisis ácida, siendo esta última muy utilizada a nivel industrial y de laboratorios debido a su costo económico, considerablemente menor al de los otros métodos, adicional a esto estudios previos han demostrado que el rendimiento del proceso de extracción no varía en gran cantidad, también se destaca que el índice de metoxilo va depender directamente del pH al cual se realiza la extracción. Una vez que se haya extraído la pectina se debe realizar necesariamente una purificación el método más comúnmente utilizado la centrifugación mediante la cual se va a separar cualquier sustancia extraña a la pectina ya sean éstos azúcares, proteína o la misma protopectina (Mantilla, 2020, p. 13).

Para el caso de extracción de pectina de residuos de pitahaya, Vargas (2019) realizó la extracción de pectina de dos variedades de pitahaya en diferentes medios ácidos, teniendo como resultado

que en las dos variedades de pitahaya el grado de esterificación de las pectinas es superior al 50%, es decir que la pectina que obtuvo fue de alto metoxilo, mientras que (Muñoz, 2014) realizó la extracción de pectina de cáscaras de pitahaya (*Hylocereus triangularis*) comúnmente conocida como pitahaya roja en diferentes estado de maduración empleando distintos ácidos, en la cual determinó que el tipo de ácido utilizado para la extracción no tiene ninguna influencia sobre el rendimiento de la pectina, pero el estado de maduración si influye significativamente ya que el mejor rendimiento se obtuvo con pitahayas en estado de maduración verde con un valor de 7.23 %.

Tomando en cuenta que hay factores cruciales que influyen en el rendimiento de la pectina, en el presente trabajo de investigación se planteó la determinación de la influencia que tiene el lugar en donde se produce la pitahaya amarilla sobre el rendimiento y características fisicoquímicas de la misma, brindando así al pequeño y mediano productor una opción tecnológicamente rentable y minimizando el impacto ambiental con la revalorización de un residuo industrial.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Según Lucero (2020) la producción de pitahayas en Ecuador comenzó con no más de 200 hectáreas de cultivo en el cantón Palora (Morona Santiago) y que actualmente se han expandido a varias provincias costeras del Ecuador, a partir del año 2005 a pitahaya se ha posicionado en el mercado mundial con gran aceptación, siendo ahora uno de los productos con mayor participación de exportaciones dentro del grupo de las no convencionales exportándose alrededor de 28 países.

La pectina es un polisacárido que se encuentra en la mayoría de los vegetales, encontrando en mayor cantidad en los frutos cítricos, es el agente gelificante más reconocido y económico en comparación a los demás agentes gelificantes se caracteriza por su elevada capacidad de absorción, así como la mayoría de los polisacáridos tiene la propiedad de hincharse al entrar en contacto con el agua (Campos, 2019, p.1).

Fue descubierta por Vauquelin en 1790, y no fue hasta 1825 que Braconnot la caracterizó y le dio el nombre de pectina. La pectina no solo es utilizada en la industria alimentaria por sus propiedades reológicas, sino también por los beneficios que trae el consumo de esta fibra soluble, según investigaciones se ha determinado que la pectina sirve para protección y regulación del sistema gastrointestinal, antioxidante, inmunológica, antihemorrágica y cicatrizante, también ayuda a controlar los niveles de glucosa en la sangre (Ferreira, 2007, p. 23-27).

La hidrólisis ácida es la técnica más utilizada a nivel industrial para realizar el proceso de extracción de pectinas, siendo económicamente más rentables que cualquier otro método y adicional a esto se puede utilizar diversos ácidos como el ácido nítrico, ácido cítrico, ácido láctico, entre otros ya que solo se debe ajustar al pH al cual se va extraer lo recomendable es en el rango de 1-3 (Charchalac, 2008; p. 5), ya que en esos valores se obtienen los mejores rendimientos.

Existen varios factores que afectan el rendimiento y la composición de las pectinas obtenidas a partir de diversas frutas siendo principalmente el estado de maduración (Muñoz, 2014), también estén otros factores como los medioambientales y demográficos que afectan directamente a la composición debido a que los tipos de suelos, la humedad de mismo, los nutrientes existentes no van a ser los mismo en un lugar tropical o subtropical.

Con el crecimiento industrial, se hace necesaria la búsqueda de nuevas formas de optimización de recursos y por ende el reducir la mayor cantidad de residuos ya que cada organización o industria tiene que comprometerse con la sostenibilidad ambiental pues es una forma de reducir el impacto ambiental que generan las industrias a lo largo de su cadena productiva.

1.2. Planteamiento del problema

En el presente trabajo de integración curricular se propone caracterizar la pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya, con el fin de dar una alternativa de aprovechamiento de residuos generando una fuente de ingresos económicos, ya que debido a las bondades que brinda esta fruta, tanto su producción como su industrialización está en constante crecimiento ocasionando no solo pérdidas de productos de post cosecha sino también, la generación de residuos que generalmente son desechados al ambiente, generando contaminación a los suelos al no ser tratadas adecuadamente, contribuyendo así al desarrollo tecnológico.

1.3. Justificación

Un problema sanitario que se genera a partir de la industrialización de frutas son sus residuos y no por ser de carácter orgánicos están exentos de generar problemas de contaminación ya que éstos pueden derivar a la proliferación de insectos, hongos, bacterias y olores por descomposición (Ferreira, 2007, p. 9). Considerando que como lo menciona (Rodríguez, 2020, p. 3) los residuos generados de frutas y vegetales durante el procesamiento de alimentos son ricos en azúcares, fibras, pectinas, lípidos, polisacáridos entre otros, que en la industria tienen un alto valor, el presente trabajo tiene como finalidad caracterizar la pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) tomando en cuenta tres lugares de producción, ya que Ecuador es un país que se caracteriza por tener regiones con diferentes condiciones medioambientales, además a esto, se plantea la revalorización de residuos en un producto que tiene alta demanda a nivel industrial, considerando que el mercado de las pectinas en el Ecuador es inexplorado. El aprovechamiento de residuos es fundamental para contribuir a la producción sostenible ya que al utilizarlos se proporciona un valor agregado y no solo se contribuye al país económicamente, sino ambientalmente también.

Adicional a ello de acuerdo con (Ferreira, 2007, p. 9), no se puede depender tecnológicamente de los países que producen bienes de consumo masivo, sino más bien debemos generar tecnologías, por lo tanto, esta investigación permite convertir en materias primas de un producto de alto valor industrial, lo que consideramos como basura, adaptándose a la globalización de los mercados.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Caracterizar la pectina obtenida a partir de cáscaras de Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*).

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la materia prima que se utilizará para el proceso de extracción.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos y el rendimiento de la pectina extraída de las cáscaras de pitahaya de tres lugares de producción (Palora, Santo Domingo y Babahoyo).
- Establecer la rentabilidad del proceso de obtención de la pectina extraída a través del indicador beneficio/costo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

En el estudio de (Maldonado et al., 2010) se reporta la extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri (harms)v.m. Badillo*) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, utilizando tres tipos de ácidos (ácido clorhídrico y ácido fosfórico, ácido cítrico, a pH de 2,0; 2,5 y 3,0 en el agua acidulada). Los mejores resultados obtuvo al utilizar pH 2, ya que este mismo reportó el mejor rendimiento con 2,15%, mayor contenido de ácido galacturónico con 28,5% y menor tiempo de gelificación (5,15 minutos), concluyendo que el valor de pH que se utiliza en el proceso de extracción de la pectina afecta en las características antes mencionadas, pero no tiene influencia alguna en cuanto a atributos sensoriales de los productos al emplear la pectina.

En otro estudio se realizó la “Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña”, misma que fue realizada mediante el método de hidrólisis ácida ya que por lo general las industrias suelen utilizar dicho método, en este estudio se evaluó la influencia del estado de maduración de la fruta, siendo en estado verde, madurez intermedia y maduro, obteniendo pectina de alto grado de metoxilo y gelificación lenta que puede ser aprovechada exitosamente en la elaboración de mermeladas y dulces de frutas, comprobando su aceptabilidad en dulce de piña, la pectina extraída que tuvo un mejor rendimiento de 9,14% y un grado de esterificación del 62% fue en estado verde, por ende menciona que el estado de maduración es un factor clave en el proceso de obtención de pectina ya que al continuar en el proceso de maduración la pectina comienza a degradarse y se va obtener menos cantidad de pectina en las frutas maduras que en las verdes, por otro lado, a pesar de que la viscosidad fue menor a la de una pectina comercial al utilizarla en la mermelada de piña tuvo excelente acogida sensorialmente (Chaparro et al., 2015: pp. 435-443).

Guerrero et al (2017) realizaron la “implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao”, en la cual se implementó el método de extracción de pectina por reflujo con ácido cítrico en donde se evaluaron diferentes tiempos y temperaturas (100, 95, 85 y 75 minutos; 95, 90, 80, y 70°C) respectivamente, de acuerdo a los resultados obtenidos deduce que el rendimiento es proporcional a los factores de tiempo y temperatura, mientras que no tiene gran variación en cuanto a porcentaje de metoxilo, teniendo como resultado una pectina de bajo metoxilo y alto grado de esterificación con 71, 88%,

demostrando que la cascarilla de cacao procedente de la industria chocolatera puede ser utilizada para la extracción de pectina, los mejores rendimientos a 70°C por 95 minutos con un rendimiento de 8,82 g de pectina por cada 100g de cascarilla de cacao, con un contenido de 26, 86% de ácido galacturónico.

Finalmente, Vera (2020) realizó la “EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL pH PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA EN LA CÁSCARA DE PITAHAYA (*SELENICEREUS UNDATUS* (HAW) D.R HUNT)”, utilizando diferentes niveles de pH (2,0; 2,5; y 3.0) para la extracción mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico, en la cual determinó que el pH no influye términos de humedad, índice metoxilo y esterificación de la pectina extraída; entretanto que en lo equivalente al porcentaje de cenizas se encontró que los resultados presentaban varianza significativa. También reportó un rendimiento de 8,56%, dando como resultados que el pH no influye en el proceso de extracción de la pectina.

2.2. Referencias teóricas

2.2.1. Pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)



Figura 1-2: Fruto (pitahaya amarilla)

Fuente: AGROCALIDAD, 2021

Según (Vera et al., 2021, p. 141) la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) pertenece a la familia de las cactáceas, siendo mundialmente conocida como “la fruta del dragón” debido a su apariencia peculiar. Este fruto presenta un potencial industrial elevado por sus múltiples propiedades benéficas para la salud, siendo ésta una ventaja para la Agroindustria.

2.2.1.1. Generalidades

Las pitahayas (*Selenicereus megalanthus*) son plantas escaladoras que pueden alcanzar a medir dos metros, con ramificaciones de hasta 1.5 metros de largo (Vargas, 2019, p. 6), es por ello que para su cultivo requieren de soportes ya que por sí solas no pueden sostenerse (Osuna et al., 2016, p. 62).

La pitahaya amarilla que se cultiva en Ecuador, se ha posicionado como una alternativa muy viable en la producción agrícola, realzando el nivel de vida de agricultores ya que permite la diversificación de productos en el mercado internacional. De acuerdo al lugar en donde se produce, la pitahaya adopta varios nombres, de los cuales se recalcan: pitajaya en Colombia, Distelbrin en Alemania, pitahaya o fruta de dragón en Perú, flor de cáliz en Venezuela, entre otros (Verona et al., 2020, p. 439).

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

Tabla 1-2: Clasificación taxonómica de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*)

Clasificación taxonómica	
Nombre común	Pitahaya Amarilla, pitahaya
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Superorden	Caryophyllanae Takht
Orden	Caryophyllales Juss. ex Bercht & J. Presl
Familia	Cactaceae Juss.
Genero	<i>Selenicereus</i> (A. Berger) Britton & Rose
Especie	<i>S. megalanthus</i> (K. Schum. ex Vaupel) Moran 1953

Fuente: Medina et al., 2013; p.11

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

2.2.1.3. Origen

Sotomayor et al (2019, p. 89) menciona que la pitahaya amarilla es procedente de América Central y parte de Sudamérica, distribuyéndose en países como Bolivia, Perú, Colombia, Venezuela y Ecuador, esta planta se produce en climas tropicales y subtropicales.

Actualmente en Ecuador existen 1528 hectáreas aproximadamente de cultivos de pitahaya teniendo un rendimiento promedio de 7.6 t/ha y en base a los registros realizados por la Agencia Nacional de Regulación y Control Fito y Zoosanitario, AGROCALIDAD, se cultivan dos

variedades de pitahaya (pitahaya roja y pitahaya amarilla) en las provincias de Pastaza, Morona Santiago, Napo, Guayas, Los Ríos, Manabí, Santa Elena, Zamora Chinchipe, Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro, debido a la alta demanda tanto nacional como internacional (Vargas et al., 2020, p. 9).

2.2.1.4. *Producción*

Se considera una planta perenne y de acuerdo con (Mora, 2011, p. 11) si se tiene un cuidado adecuado al cultivo, puede tener una vida útil de 10 años. La producción empieza entre el segundo y tercer año teniendo un promedio de 4,5 kg por cada planta, llegando a estabilizarse entre el quinto y sexto año llegando a tener un rendimiento de hasta 10 t/ha. Adicional a ello (Verona et al., 2020, p. 441), recalca que esta planta se puede cultivar ya sea por medio de semillas o estructuras vegetales.

Según (El Universo, 2022) por cada hectárea de cultivo se obtiene entre 10.000 a 15.000 kilos de pitahaya y se prevé que el cultivo de pitahayas amarillas en el país durante el año en curso se incremente con 1000 hectáreas más de producción.

2.2.1.5. *Características Generales*

Se las ubican en el grupo de plantas con metabolismo del ácido crasuláceo (CAM) debido a que, para evitar la pérdida de agua por transpiración durante el día a temperatura elevadas, los tallos abren sus estomas solo por las noches (Muñoz, 2014, p. 27).

El tallo es conocido como una penca triangular, gruesa, de color verde y contienen elevada cantidad de agua, sus ramificaciones son múltiples y en distintas direcciones, en sus aristas es donde producen las flores y frutos (Muñoz, 2018, p.16). Las flores tienen forma de trompeta presentando color blanco o rosa, alcanza de 15 a 30 cm de largo.

Su fruto es de forma ovular, puede medir de 8 a 15 cm de diámetro, dependiendo de su especie el color de la cascara puede ser rojo, violeta, amarilla o blanca, cubierta por trucas o escamas con grupos de espinas en las *Selenicereus megalanthus*, la pulpa es de color blanco para la pitahaya amarilla, mientras que para la roja o violeta puede ser blanca o roja. Las semillas para cualquier variedad son muy pequeñas y suaves y están distribuidas por toda la pulpa (Muñoz, 2014, pp. 27-28).

2.2.1.6. *Composición química y nutricional de la pitahaya*

Según (Verona et al., 2020) la pitahaya está constituida por la pulpa y la cascara, la pulpa constituye

entre el 60-80% de su peso total y de acuerdo con (Guerrero, 2014, p. 31) la composición química de la pitahaya va variar de acuerdo a su variedad, condiciones medio ambientales, condiciones de cultivo entre otras.

Muñoz (2014, p. 30) señala que la fruta es rica en fibra, calcio, fosforo y vitamina C, además contiene antioxidantes y en sus semillas aceites naturales, que contribuyen al funcionamiento correcto del tracto digestivo.

Tabla 2-2: Composición química y nutricional por cada 100g de la pitahaya

Componente	Contenido por cada 100 g
Humedad (g)	84,4
Carbohidratos totales (g)	13,2
Cenizas (g)	0,4
Extracto etéreo (g)	0,1
Proteína (g)	0,4
Fibra (g)	0,5
Fosforo (mg)	16,0
Calcio (mg)	10,0
Hierro (mg)	0,3
Vitamina C (mg)	4,0

Fuente: Guerrero, 2014, p.31

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

De acuerdo a la tabla se determina que el compuesto con mayor proporción es el agua con un valor de 85% aproximadamente, seguido están los azúcares con alrededor de 13%, mismos que sobresalen la glucosa y la fructosa. En cuanto a fibra dietética que son pectinas y hemicelulosa, contienen un 0.5%, es importante recalcar que este valor va variar de acuerdo al estado de maduración, entre otros factores antes mencionados (Guerrero, 2014, p. 31).

El aceite de la semilla de la pitahaya amarilla presenta un alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados de los cuales se destacan: ácido palmítico (11,52%), ácido esteárico (4,29%), ácido oleico (11,09%), ácido linoleico (69,98%) y ácido vaccénico (3,08%) (Verona et al., 2020, p. 445).

Las cascarras de pitahaya contienen celulosa, hemicelulosa y pectina, también poseen betalainas perteneciente a los biofavonoides, siendo su principal aminoácido la prolina (Vargas, 2019, p. 25). Adicional a esto, según Arriaga et al (2015) las cascarras de pitahaya contienen ácido cítrico, ácido málico y proteína similar al porcentaje de la pulpa de la misma y un importante contenido de

vitamina C.

2.2.2. Usos de la Pitahaya (industriales, alimenticios)

En el sector agroindustrial, alimenticio y farmacéutico sigue siendo en reto de gran potencial la utilización de la pitahaya como materia prima para la elaboración de diversos productos ya que según (Carrera, 2011, p. 24) no se han empleado tecnologías más que las tradicionales en el procesamiento de la pitahaya, simplemente se la ha utilizado como un a fruta fresca, además menciona que el fruto es eficaz contra la gastritis, mientras que el tallo y la flor sirve para curar infecciones a los riñones e incluso recalca que se puede prevenir la caspa con el shampoo elaborado a base de ésta fruta y a su concurda con (INTAGRI, 2021) que describe que la pitahaya es utilizada como alimento fresco debido a sus múltiples beneficios y sus semillas por su contenido en oligosacáridos pueden ser utilizados como prebióticos y que a nivel industrial se pueden encontrar productos tales como: mermeladas, almíbar, néctares, helados, vinos, yogurt, cocteles, entre otros.

Verona et al (2020, p. 44) detalla que la pitahaya por su contenido en vitamina C, contribuye a la formación de colágeno, glóbulos rojos, dientes y huesos, también favorece en la resistencia a las infecciones, absorción de hierro, y además de ello contribuye con acción antioxidante.

2.2.2.1. Aprovechamiento de residuos

a) Tallos y Flores

Los tallos y las flores de la pitahaya no son muy estudiados, a nivel artesanal se utiliza para preparación de ensaladas y la elaboración de abonos orgánicos como el compost o el biol que son utilizados para la fertilización de los suelos.

b) Semillas

Las semillas de la fruta según Huachi et al (2015) tienen capacidad antioxidante pues de acuerdo a su investigación resalta que contiene ácidos grasos naturales como el ácido linoleico con un 64,5%, ácido oleico con 19,9% y ácido palmítico con 13,4 %, de los cuales se resalta el ácido linoleico que genera un efecto cardiotónico gracias a que actúa como buffer capturando el colesterol del organismo, abriendo un campo extenso para a investigación con el fin de obtener los aceites esenciales que contienen estas semillas para el aprovechamiento de sus propiedades.

c) Cáscaras

Las cáscaras industrialmente han atraído interés debido a los compuestos bioactivos y una concentración considerable de fibra y polisacáridos que éstas contienen, de acuerdo con (Torres et al., 2020, pp. 70-83) muchas frutas contienen polifenoles y su extracción se ha convertido en una tendencia para la generación de productos con un alto valor agregado, por ello realizó la extracción de polifenoles presentes en la cascara de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) en donde determina que, la extracción de biocomponentes es una alternativa para el aprovechamiento de residuos, lo que hace que las cáscaras de pitahaya sean una fuente potencial de compuestos bioactivos pudiendo ser de gran importancia en la industria farmacéutica, cosmética, nutracéutica, entre otras. Adicional a esto (Landi, 2022, p. 20) menciona que las cáscaras de pitahaya contienen el 75,2% de fibra, altas cantidades de vitamina C y magnesio, pudiendo ser utilizadas para la elaboración de productos ricos en fibra ya sean galletas, buñuelos entre otros que se puedan elaborar posterior a la obtención de la harina de éstas.

2.2.3. *Pectina*

Las pectinas son polisacáridos que se encuentran en todos los vegetales y frutas formando parte de su estructura ya que se encuentran localizadas en la lamela media y la pared primaria de las células vegetales.

Tabla 3-2: Contenido de pectina en algunas frutas.

Origen	Contenido de pectina, %
Corteza de limón	32,0
Pulpa de limón	25,0
Torta de manzana (residuos)	17,5
Zanahoria	10,0
Manzana	5,5
Melocotón	7,5
Tomate	3,0
Papa	2,5

Fuente: Campos, 2019, p.19

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

En las frutas se encuentra presente como protopectina insoluble y a lo largo del periodo de maduración se transforma en pectina soluble, están directamente relacionadas con la maduración excesiva de las frutas gracias a las enzimas pectinolíticas que producen pectinas con cadenas más cortas y por ende van a tener menor capacidad de gelificación y viscosidad haciendo que las frutas

maduren más rápido de lo normal (Ferreira, 2007, p. 17). La pectina son sustancias blandas amorfas que al combinarse con agua forman una solución viscosa y al combinarla con agua y ácidos forman gelatina, por ello es utilizada en la industria alimentaria como espesante, gelificante, estabilizante y emulsionante, siendo también utilizada por sus propiedades reológicas en la biotecnología y en la industria farmacéutica (Barreto et al., 2017, p. 78).

2.2.3.1. Clasificación de las pectinas

a) Protopectina

Se denomina pectosa o pectina insoluble, es la precedente de la pectina, ésta reúne todos los compuestos pécticos insolubles que son de fácil degradación. Al ser sometida a hidrólisis con ácidos, luego de una serie de procedimientos da como productos ya sea pectina o ácidos pécticos. La mayor cantidad de protopectina se encuentra en los frutos verdes, cabe recalcar que la protopectina contiene el 100% de esterificación (Vargas, 2019, p.16).

b) Ácidos pécticos o poligaracturónicos

Su grado de esterificación es 0% debido a que sus grupos carboxílicos no están esterificados por el grupo metilo (COOCH_3), son cadenas simples de ácido galacturónico y contienen entre 100-200 unidades de los mismos (Vargas, 2019, p.16).

c) Ácidos pectínicos o pectinas

Son generados a partir de la protopectina y presentan cierto grado de esterificación, la diferencia entre las pectinas y los ácidos pécticos es que éstas contienen azúcares neutros en su estructura tales como, L-arabinosa, L-ramosa entre otras (Vargas, 2019, p.16).

Las pectinas se clasifican de acuerdo a su grado de esterificación en dos grupos:

- Pectinas de alto grado de metoxilación
- Pectinas de bajo grado de metoxilación

De acuerdo con (Anda Losa, 2022, p. 3) el grado de metoxilación de las pectinas tiene influencia directa sobre las características de la pectina, en el que sobresale es en el poder de gelificación.

Pectinas de alto grado de metoxilación o alto metoxilo

Su grado de esterificación es superior al 50%, para la formación de geles requieren de altos contenidos de azúcar y bajo pH entre 2,8 y 3,5 (Correa et al, 1999, pp. 15-17). El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye sobre sus propiedades ya que por lo general a mayor grado de esterificación mayor va a ser la temperatura de gelificación (Baltazar et al, 2013, p. 79).

Según Ferreira (2007, p. 16) una pectina contiene hasta un 16,32% de metoxilo teóricamente, pero en ensayos prácticos se ha demostrado que contienen solamente hasta un 14%, es por ello que se ha determinado que las pectinas de alto grado de metoxilación se consideran si tienen desde un 7% de metoxilo, es decir el 50% de esterificación con metanol. Estas pectinas pueden clasificarse como pectinas extra rápida, rápida, de velocidad media y lenta, esto va ser de acuerdo a su grado de esterificación con metanol, como se detalla en la figura 2-2.

Pectinas de bajo grado de metoxilación o bajo metoxilo

Se caracterizan porque su grado de esterificación es menor al 50% y éstas se gelifican bajo la presencia de iones de calcio. Estas pectinas forman geles en un medio ácido y una concentración elevada de azúcar a esto se le suma que según Muñoz (2019, p. 19) existen factores secundarios como el pH, la temperatura sobre la rapidez de la gelificación.

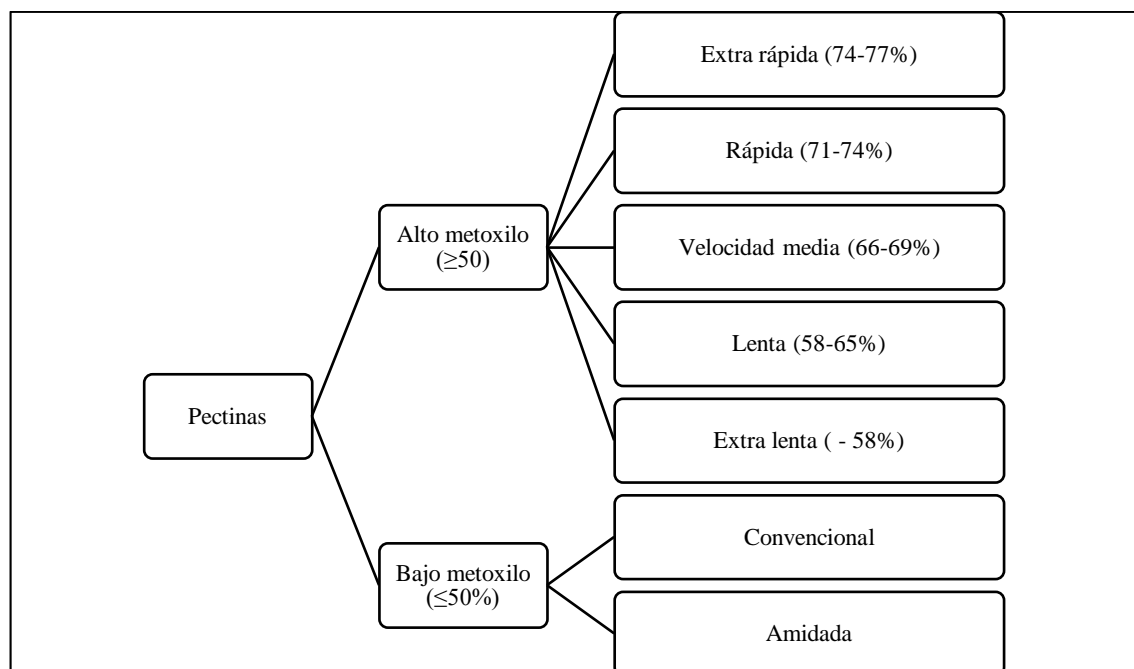


Figura 2-2: Clasificación de las pectinas de acuerdo al grado de esterificación.

Fuente: Almeida, 2019, p. 17

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

2.2.3.2. Estructura de las pectinas

Las pectinas químicamente son cadenas largas unidas mediante enlaces α (1,4) de ácido D-galacturónico, también contienen en su estructura trazas de galactosa xilosa, glucosa y arabinosa. El contenido de metoxilo y poder de gelificación de la pectina va a depender mucho la fruta o material vegetal que se utilice para su obtención, así como la presencia de otros grupos químicos como las amidas y metoxilo. La pectina comercial puede contener entre un 8 y 11% de metoxilo con capacidad de formar geles con un contenido de grados Brix de 65%, es por ello que son muy utilizadas para la elaboración de mermeladas (Ferreira, 2007, p. 17).

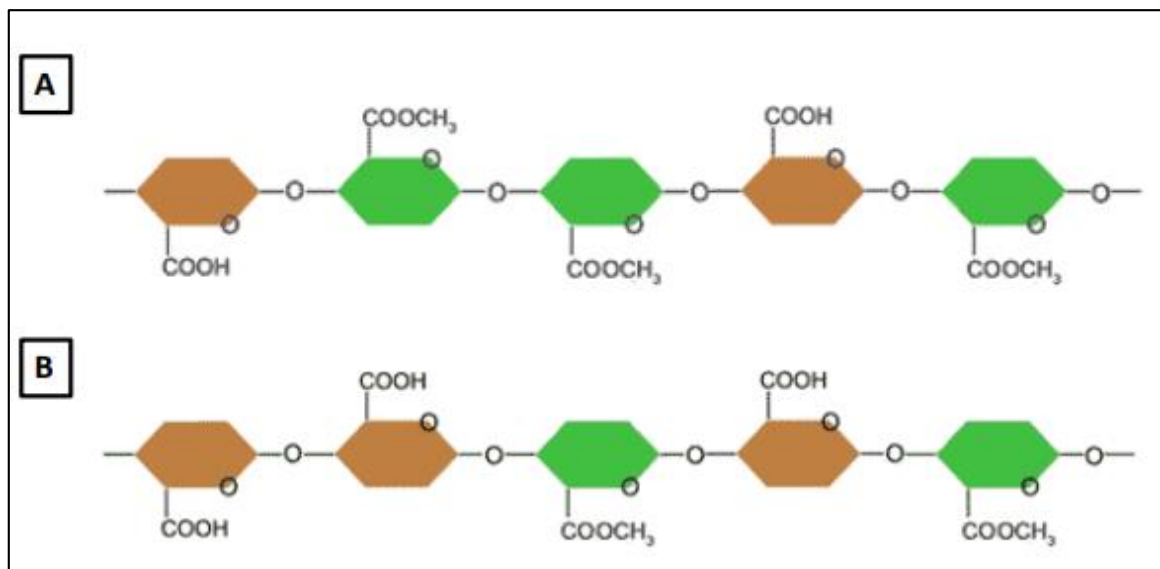


Figura 3-2: Estructura de las pectinas su grado de esterificación.

A: Pectinas de alto metoxilo; B: Estructura de pectina de bajo metoxilo

Fuente: Muñoz, 2016; p. 18

2.2.3.3. Propiedades fisicoquímicas de las pectinas

a) Peso Equivalente

Está determinado por los pesos equivalentes en función a la masa que tiene la pectina, al estar asociada directamente al peso molecular y el tamaño de la pectina permite tener una idea sobre el poder gelificante y la viscosidad (Vargas, 2019, p.23).

b) Porcentaje de metoxilo

Se refiere a la cantidad de grupos metoxilo que se localizan esterificando a los grupos carboxílicos del ácido galacturónico, en los tejidos vegetales su función es dar la firmeza y cohesión (Franco,

2022, pp. 33-34). Teóricamente tiene un máximo de 16,32%, que equivale al 100% del grado de esterificación, esto determina si las pectinas son de alto grado de esterificación o de bajo grado, para que sea de alto grado debe contener más del 50% de esterificación lo que equivaldría 7% de porcentaje de metoxilo, en cambio para las pectinas de baja esterificación el valor del índice de metoxilo no sobrepasa el 7%, cabe recalcar que si las pectinas tienen índice de metoxilo alto, ésta se va gelificar con mayor facilidad (Vargas, 2019, p.24). Paredes et al (2015, p. 39) recalca que el estado de maduración de las frutas influye en el contenido de grupos metoxilo en las frutas debido a que cuando la fruta va madurando, las pectinesterazas enzimas naturales presente en las frutas degradan el radical de metoxilo del ácido galacturónico provocando el ablandamiento de las frutas, es por ello que mientras más madura sea la fruta menor va a ser su contenido, por lo general van a ser pectinas de bajo metoxilo.

c) Porcentaje de ceniza

Considerado con el residuo inorgánico que resulta después de calcinar la materia orgánica, se relaciona con los metales presentes en los grupos ácidos de la pectina, se relaciona directamente con la pureza de la pectina ya que si menor es su contenido, más pura será la pectina (Vargas, 2019, p.24). adicional a esto (Paredes et al, 2015, p. 38) cita que el porcentaje de cenizas en la pectina es bajo ya que si fuese superior al 10% como lo establece la FCC (Food Chemicals Codex) podría contener minerales como el hierro, el calcio o el potasio que interfieran en la interacción de las cadenas de ácido galacturónico ocasionando sinéresis en el producto elaborado.

d) Viscosidad

Este parámetro conjuntamente con la formación de gel va depender de la solubilidad, por lo general cualquier cosa que altere la solubilidad va alterar su viscosidad inversamente, por ejemplo, a temperaturas altas la solubilidad de las pectinas aumenta mientras que su viscosidad disminuye y viceversa (Vargas, 2019, p.24).

e) Solubilidad

Pese a que el agua es el mejor solvente para las pectinas, ésta también puede solubilizarse en formamida, dimetilformamida y glicerina caliente (Franco, 2022, p. 32). La presencia del azúcar en las pectinas es su protector puesto a que en la mayoría de los procesos la pectina tiende a degradarse ya que experimenta su máxima estabilidad a pH 4, se resalta también que las pectinas son insolubles en solventes orgánicos y soluciones de detergentes (Ferreira, 2007, p. 20).

f) Acidez

En estado natural son neutras, al estar en solución tienen a ser ácidas esto va estar influenciado por el medio en que se encuentre y el grado de esterificación, dependiendo del grado de esterificación el pH de las pectinas va oscilar entre 2,8 y 3,4 (Ferreira, 2007, p. 20). Por otro lado (Paredes et al, 2015, p. 38) menciona que la acidez y el pH de las pectinas también dependen del tipo de frutas que se extraigan y de su estado de maduración puesto a que la mayoría de frutas de donde más se extrae son cítricas es por ello su pH Bajo, y mientras más maduro sea el fruto más acida será la pectina y por ende su pH también incrementará.

2.2.3.4. Gelificación de las pectinas

Muñoz (2014, pp. 23) señala que la capacidad de formar geles que tienen las pectinas es el motivo por el cual su uso en la industria es elevado en la elaboración de mermeladas, gelatinas y conservas, el agente deshidratante es el factor más importante para que ésta forme el gel. La longitud de la molécula, el grado de esterificación y la proporción entre los grupos polares y apolares influyen directamente en las características del gel. La longitud, está relacionada directamente con la formación de los geles ya que mientras más pequeña sea la molécula va ser menor la capacidad de producir geles, también se relaciona con las condiciones del medio (Muñoz, 2014, p. 24).

El grado de esterificación, se relaciona directamente con las propiedades organolépticas del gel y también contribuye a la velocidad de gelificación (Muñoz, 2014, p. 24). La proporción entre grupos polares y apolares, determina la solubilidad de la pectina, las pectinas de alto grado de esterificación gelifican a mayores temperaturas mientras que, a menor grado de esterificación la temperatura va a ser menor (Muñoz, 2014, p. 24).

En las pectinas este parámetro se mide en grados SAG, que expresa el valor en gramos o kilogramos de sacarosa que bajo condiciones de 65°Brix y pH de 3,2 aproximadamente puede gelificar 1 gramo o kilogramo de pectina (Franco, 2022, p. 33).

2.2.4. Métodos de extracción de pectina

Para la extracción de pectinas se emplean diversas técnicas: las convencionales como la extracción por arrastre de vapor e hidrodestilación, las no convencionales como la extracción asistida por microondas (EAM) y la extracción por hidrólisis ácida que es aplicada ampliamente a nivel industrial (Urango, 2018, pp. 76-103).

2.2.4.1. *Hidrólisis Ácida*

A nivel industrial suele realizarse con agua caliente acidificada (hidrólisis ácida). Esta se realiza con ácido diluido (pH 1.5 – 3.0), en un rango de temperatura de 60-100°C. El extracto es filtrado y la pectina es precipitada, con lo cual se logra separar la pectina presente del resto de compuestos de las cáscaras, para luego secarla y molerla hasta obtener un fino polvo listo para comercializarlo. La composición y propiedades de los desarrollos de pectina varían con la fuente, el manejo y preparación de la cáscara, el tipo de extracción y tratamientos subsecuentes (Charchalac, 2008; p. 5).

Existen 4 factores esenciales que afectan el rendimiento en el proceso de extracción de la pectina, mismos que son el pH, la temperatura, el tiempo y el agua acidulada. El pH por su parte es el que favorece la extracción debido a la acidez, la temperatura mientras más alta va existir mayor solubilidad del producto, el tiempo actúa en dirección opuesta a la temperatura, si la temperatura es elevada el tiempo es menor, mismo que varía entre 30-120 minutos y el agua acidulada su cantidad debe ser entre 3 a 4 partes de agua por una parte material (Maldonado & Salazar, 2010, p. 8).

La hidrólisis ácida para la extracción de pectina se complementa con la precipitación en la que se utiliza alcohol o acetona que actúan como agentes deshidratantes permitiendo la separación de la pectina de las otras sustancias líquidas, con este proceso se obtiene más del 60% de la pectina de las frutas en forma de hilos, fibras y masas esponjosas (Maldonado & Salazar, 2010, pp. 8-9).

2.2.4.2. *Extracción alcalina*

Suele seguir el mismo procedimiento que la extracción por hidrólisis ácida a diferencia de que en esta se utiliza una solución alcalina, generalmente se utiliza hexametáfosfato de sodio o en ocasiones amoníaco y se lo realiza a temperaturas bajas por tiempos más largos. La sustancia que se obtiene debe pasar por un filtro y por un clarificador posterior a ello debe ser concentrada y precipitada, cabe recalcar que no se aconseja el uso de temperaturas elevadas ya que de ser el caso podría probar una saponificación y por ende degradar el compuesto (Campos, 2019, p. 21).

2.2.4.3. *Extracción por microonda*

Se basa en la irradiación del componente, en el cual al incrementar la temperatura se produce una vibración de las moléculas de agua a alta frecuencia haciendo que se reduzca la viscosidad del disolvente y hace que los analitos de interés aumenten la solubilidad, esta técnica es una alternativa convencional debido a que produce mayores rendimientos y a su vez aumenta la calidad de la pectina que se extrae (Vargas, 2019, p. 23).

2.2.4.4. *Extracción enzimática*

La extracción enzimática consiste en la utilización de enzimas purificadas tales como endopoligalacturonasa (*Aspergillus niger*), endo-celulasa (*Trichoderma sp.*) y endo-arabinasa (*A. niger*), al principio se utiliza un amortiguador ácido puede ser citrito-citrado de sodio, seguidamente se coloca la enzima y posterior a ello del material del cual se va extraer la pectina, se procede a mezclar a 40°C, y terminan el proceso realizando el filtrado y purificado, el rendimiento de la pectina extraída por vía enzimática van a depender directamente del sustrato y el tipo de enzima (Danovich, 2019, p.20).

2.2.4.5. *Ácidos*

a) *Ácido clorhídrico*

Debido a su afinidad por los cationes tiene mayor fuerza iónica para precipitar la pectina y es conocido como un ácido fuerte, aunque en la digestión puede la pectina degradarse rápidamente ya que tiene alta labilidad y sensibilidad al ácido, lo cual ocasiona que las pectinas extraídas con este ácido sean de bajo metoxilo, por ello es primordial controlar tiempos y temperaturas de extracción, sin embargo es el utilizado en la extracción de pectinas por hidrólisis ácida.

b) *Otros ácidos*

Según Baltazar et al (2013) para la hidrólisis ácida se pueden utilizar ácidos tales como: ácido sulfúrico, ácido cítrico, ácido láctico entre otros, la única diferencia que tienen al momento de extraer la pectina es el tiempo y la temperatura que se va a realizar, por otro lado (Ramírez, 2019, p. 42) menciona que el ácido cítrico y ácido nítrico suelen influir en el pH del producto final ya que éstos no se eliminan por completo en los lavados que se realizan a la pectina.

2.2.5. *Identificación de pectinas*

De acuerdo con (Grande & Romero, 2020, p. 73) existen dos pruebas que se realizan a las pectinas obtenidas para verificar si realmente son pectinas:

Prueba A: consiste en realizar una disolución de 1g de pectina en 9 ml de agua y calentar a baño maría hasta ebullición completa, luego dejar a enfriar y se debe formar un gel firme.

Prueba B: se debe realizar la misma disolución que en la prueba A, pero en vez del agua se coloca

alcohol, diluir completamente la pectina y se debe formar un precipitado traslucido y gelatinoso.

2.2.6. *Requerimientos de la pectina*

En el mundo la pectina se identifica con el número de matrícula de Europa E440 para aditivos alimentarios, lo cual le permite ser identificado con mayor facilidad (Vargas, 2019, p. 30), ya que esta numeración es específicamente para pectinas.

En la tabla 4-2 se detallan las especificaciones de pureza que determina la Farmacopea de Estados Unidos en sus siglas en inglés USP (United States Pharmacopeia), la IPPA por sus siglas en inglés (Ilícito pharmaceuticals in África), la Food and Agriculture Organization (FAO), la Food Chemicals Codex (FCC) y la Environmental Export Council (EEC) para pectinas comerciales.

Tabla 4-2: Especificaciones de pureza para pectinas comerciales.

Parámetro	Referencias				
	USP	IPPA	FAO (1978)	FCC (1981)	ECC (1978)
Humedad	Max 10 %	Máx. 12 %	Máx. 12 %	Máx. 12 %	Máx. 12 %
Cenizas	--	Máx. 1,5 %	--	Máx. 10 %	--
Contenido de metoxilos	Min 6,7 %	--	--	--	--
Contenido de ácido galacturónico	Min 74 %	Min. 65%	Min. 65%	--	Min. 65%

Fuente: Toapanta et al, 2019, p. 122; Franco, 2019, p. 39

Realizado por: Bonilla L., Gloria, 2022

2.2.7. *Métodos de purificación*

Con el fin de eliminar cualquier tipo de impurezas o trazas de los ácidos que se hayan utilizado para la extracción de la pectina se realiza la purificación ya que éstas pueden afectar en el aspecto físico y en su solubilidad.

2.2.7.1. *Centrifugación*

Es el método más utilizado para la purificación de las pectinas debido a que permite separar compuestos de diferentes densidades haciendo que los compuestos sólidos se separen de los líquidos a través de una fuerza giratoria (Campos, 2019, p.22).

2.2.8. *Aplicaciones industriales de la pectina*

En la industria de los alimentos la pectina se utiliza principalmente en la elaboración de compotas y mermeladas, en emulsiones y suspensiones como estabilizante, para pudines y gomitas junto con la gelatina se utiliza como gelificante, mientras que en bebidas y helados se utiliza como espesante y estabilizante respectivamente, también es utilizado en la industria cárnica como recubrimiento. En la farmacéutica se utiliza por su acción protectora y reguladora del sistema gastrointestinal, desintoxicante, anti colesterol, entre otros beneficios asociados a la salud. Adicional a esto se utiliza también como recubridor de papel haciéndolo más blando, elaboración de productos biodegradables, etc., (Muñoz, 2014, pp. 18-19).

A continuación, se describen las principales aplicaciones de la pectina detalladas según Danovich (2019, pp. 24-26):

- Mermeladas y jaleas

En estos productos cumple la función de proporcionar textura, sabor y reducir la sinéresis, al momento de seleccionar una pectina como aditivo en la elaboración de las jaleas y mermeladas se debe considerar que éstas por lo general tienen 65°Brix y por ello se suelen utilizar pectinas HM ya estas son capaces de formar geles a esa concentración de azúcares es por ello que estas pectinas de alto metoxilo no se pueden utilizar en productos no calóricos en cambio, si se va a realizar ya sea mermeladas o jaleas de bajo contenido de azúcar se utilizará la pectina LM y éstas para su gelificación requieren de calcio.

- Bebidas lácteas acidificadas y bebidas a base de otras fuentes de proteínas

Este caso las pectinas son utilizadas como estabilizantes y el grado de esterificación es determinante para su uso en éstas bebidas. Se debe considerar que las pectinas de alto metoxilo estabilizan proteínas en condiciones ácidas ya sea en yogures, mezclas de leche, zumos de frutas y bebidas de soja, cabe recalcar que estas bebidas al ser pasteurizadas tienden a ser inestables ya que las proteínas tienden a agregarse y lo que hacen las pectinas es cargarse negativamente y se unen iónicamente a las partículas de la proteína haciéndolas más estables. En este caso la cantidad de pectina que se vaya a utilizar dependerá del contenido de proteína de la bebida y de su pH.

- Yogures

En los yogures, la pectina actúa como estabilizante de las proteínas y de las frutas de ser el caso

cuando se adicionen frutas al yogurt ya que posee una excelente capacidad de retención de agua. En este tipo de productos es recomendable utilizar las pectinas de bajo metoxilo debido a que el mismo calcio presente en la leche va ayudar en la formación de una red más extensa y por ende va ser mejor la estabilidad.

- Bebidas a base de frutas

En términos generales la pectina a estos productos les confiere el cuerpo, ya que mejoran la viscosidad y la sensación en la boca, incluso las mismas sustancias pécticas presentes en el albedo de las frutas ayudan a tener efectos favorables en este producto.

- Confitería y rellenos

En este tipo de productos por lo general se utilizan las pectinas de alto metoxilo, por ejemplo, para la elaboración de gomitas, caramelos rellenos y rellenos con componentes de frutas, son usan en combinación con gelatina y a diferencia otros agentes gelificantes, la pectina ofrece mejor textura.

- Helados

Su uso radica en que ayuda a evitar que se formen cristales de hielo en los helados e incluso en los helados de fruta se utiliza como un recubrimiento.

- Salsas

Es un agente espesante gracias a su capacidad de retención de agua se utiliza para la elaboración de ketchup y salsa de tomate, en estos productos se puede utilizar ya sean pectinas de alto o de bajo metoxilo.

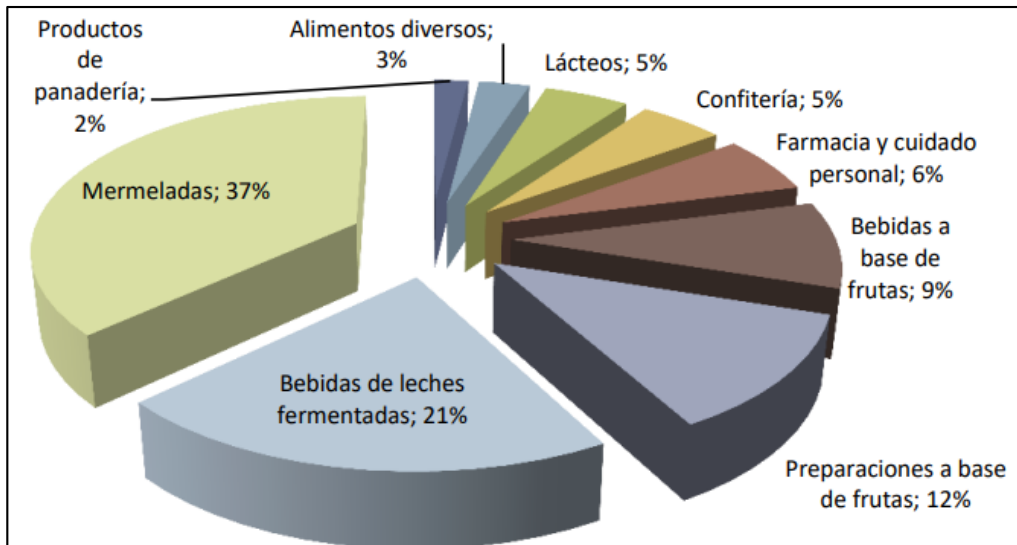


Figura 4-2: Aplicaciones generales de las pectinas.

Fuente: Muñoz, 2016, p. 9

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización y duración del experimento

El presente trabajo se realizó en diferentes laboratorios: en el laboratorio de Procesamiento de Alimentos se realizó la extracción del producto y el cálculo del rendimiento, y los análisis fisicoquímicos tanto en la materia prima como en el producto final se analizaron en el laboratorio de Bromatología y Nutrición animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 ½ en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador. La duración del trabajo tuvo un tiempo aproximado de 90 días en los que se realizó los análisis fisicoquímicos propuestos.

3.2. Unidades experimentales

Se utilizaron 15 kg de cáscaras de pitahaya que están distribuidas en tres tratamientos, mismos que pertenecen a los lugares de producción (Palora, Santo Domingo y Babahoyo) con 1 kg como unidad de experimentación y 5 repeticiones por cada tratamiento, a los cuales se realizó la caracterización para determinar la influencia que tiene el lugar de producción sobre el rendimiento de pectina y sus características fisicoquímicas.

3.3. Materiales, equipos, reactivos e insumos

3.3.1. *Materiales*

- Mortero
- Vasos de precipitación
- Molino
- Buretas
- Probeta
- Matraz Erlenmeyer
- Balón Erlenmeyer
- Soporte universal
- Pipetas
- Pera de succión

- Pipeta Pasteur
- Varilla de agitación
- Lienzo
- Espátula
- Recipientes plásticos
- Cuchillo

3.3.2. Equipos

- Balanza analítica
- Estufa
- Mufla
- Baño maría
- Agitador magnético
- Bortex
- Licuadora

3.3.3. Reactivos

- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Ácido clorhídrico 0.25 N
- Etanol 96°
- Etanol 75°
- Alcohol 95%
- Hidróxido de sodio 0.1 N
- Hidróxido de sodio 0.25 N
- Fenolftaleína

3.3.4. Insumos

- Cáscaras de pitahaya
- Agua destilada
- Papel aluminio
- Toallas adsorbentes

3.4. Tratamientos y diseño experimental

Se estudió el efecto de los tres lugares de procedencia de pitahaya sobre la composición fisicoquímica de la materia prima y la pectina obtenida de la misma, por lo que se consideró que cada uno de los lugares corresponde a un tratamiento experimental y con cada uno de ellos se realizó 5 repeticiones, como se detallan a continuación:

- PA: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Palora.
- SD: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Santo domingo de los Tsáchilas.
- BY: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Babahoyo.

En la tabla 5-3 se indica el esquema del experimento.

Tabla 1-3: Esquema del experimento

Tratamientos (sitios)	Código	Nº repe.	TUE	Kg cáscara / tratamiento
Palora	PA	5	1	5
Santo Domingo	SD	5	1	5
Babahoyo	BY	5	1	5
Total, kg de cáscara de pitahaya				15

TUE*: Tamaño de la Unidad Experimental

Fuente: Bonilla L., Gloria, 2022

Las unidades experimentales se distribuyeron bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), que para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación

μ = Efecto de la media por observación

α_i = Efecto del tratamiento

ε_{ij} = Efecto del error experimental

3.5. Mediciones experimentales

3.5.1. Análisis fisicoquímicos en la materia prima

- Contenido de humedad, %.

- Contenido de cenizas, %.
- pH

3.5.2. *Análisis fisicoquímicos a la pectina obtenida*

- Contenido de humedad, %.
- Contenido de cenizas, %.
- Grado de gelificación
- Índice de metoxilo, %.
- pH
- Rendimiento, %.

3.5.3. *Análisis económico*

- Costos de producción
- Beneficio/Costo (B/C)

3.6. **Análisis estadístico y pruebas de significancia**

Los resultados de los análisis experimentales obtenidos en la presente investigación se tabularon en una hoja de cálculo Excel de Office (2016) y posteriormente se sometieron al programa estadístico InfoStat versión 2020, en el cual se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza (ADEVA) para las diferencias.
- La separación de medias se realizó mediante la prueba Tukey al nivel de $P < 0,05$ de probabilidad.

Tabla 2-3: Esquema del ADEVA.

Fuente de variación		Grados de libertad
Total	(n - 1)	14
Tratamientos (lugares de procedencia)	(t - 1)	2
Error experimental	(n-1) - (t-1)	12

Fuente: Bonilla Gloria, 2022

3.7. Procedimiento experimental

3.7.1. Preparación de la materia prima

Las cáscaras de la pitahaya fueron lavadas con agua clorada al 10% para evitar la propagación de microorganismos previos a la extracción, una vez lavadas se procedió a realizar la caracterización de las mismas en cuanto a los parámetros fisicoquímicos establecidos.

3.7.2. Triturado y secado

Para la extracción de pectina, las cáscaras de pitahaya se colocaron en bandejas de aluminio en una deshidratadora para realizar el secado a 55°C por 16 horas, ya que de acuerdo con (Mendoza et al., 2017; citados en Vera (2020, p 30)) esto ayuda a alcanzar un peso constante, una vez secadas las cáscaras con ayuda de un molino se procedió a moler.

3.7.3. Hidrólisis ácida para la extracción de la pectina

- Se pesó 100 g de los residuos de las cáscaras de pitahaya secas y trituradas.
- La cantidad de agua destilada necesaria, se calculó de acuerdo a lo reportado con Vera (2020, p. 30), donde se debe colocar 25 ml de agua destilada por cada gramo del residuo.
- Se preparó el agua acidulada hasta llegar a un pH de 2, con ácido clorhídrico 0.1 N.
- Consecutivamente se mezcló los gramos de los residuos con el agua acidulada.
- Se llevó la mezcla a Baño maría durante 90 minutos a 90°C, con agitación constante.
- Se filtró la mezcla caliente con ayuda del lienzo.
- Una vez se haya obtenido el filtrado se dejó enfriar la disolución hasta llegar a temperatura ambiente y se agregó etanol 96°, con agitación fuerte para precipitar. Considerar la relación 2:1, es decir 2 litros de Etanol 96° por cada litro de disolución.
- Se dejó en reposo por 12 horas a temperatura ambiente.
- Se filtró la pectina precipitada y se lavó con etanol 95° y consecutivamente con etanol 75°.
- La pectina precipitada, filtrada y lavada, se colocó en bandejas de aluminio y llevar a la estufa a 55°C por aproximadamente 8 horas.
- Finalmente se retiró la pectina seca de la estufa, se pesó y se trituró con ayuda de un mortero para su almacenamiento hasta la realización de los análisis pertinentes.

En la figura 1-3 se presenta el diagrama para la extracción de pectina de cáscaras de pitahaya.

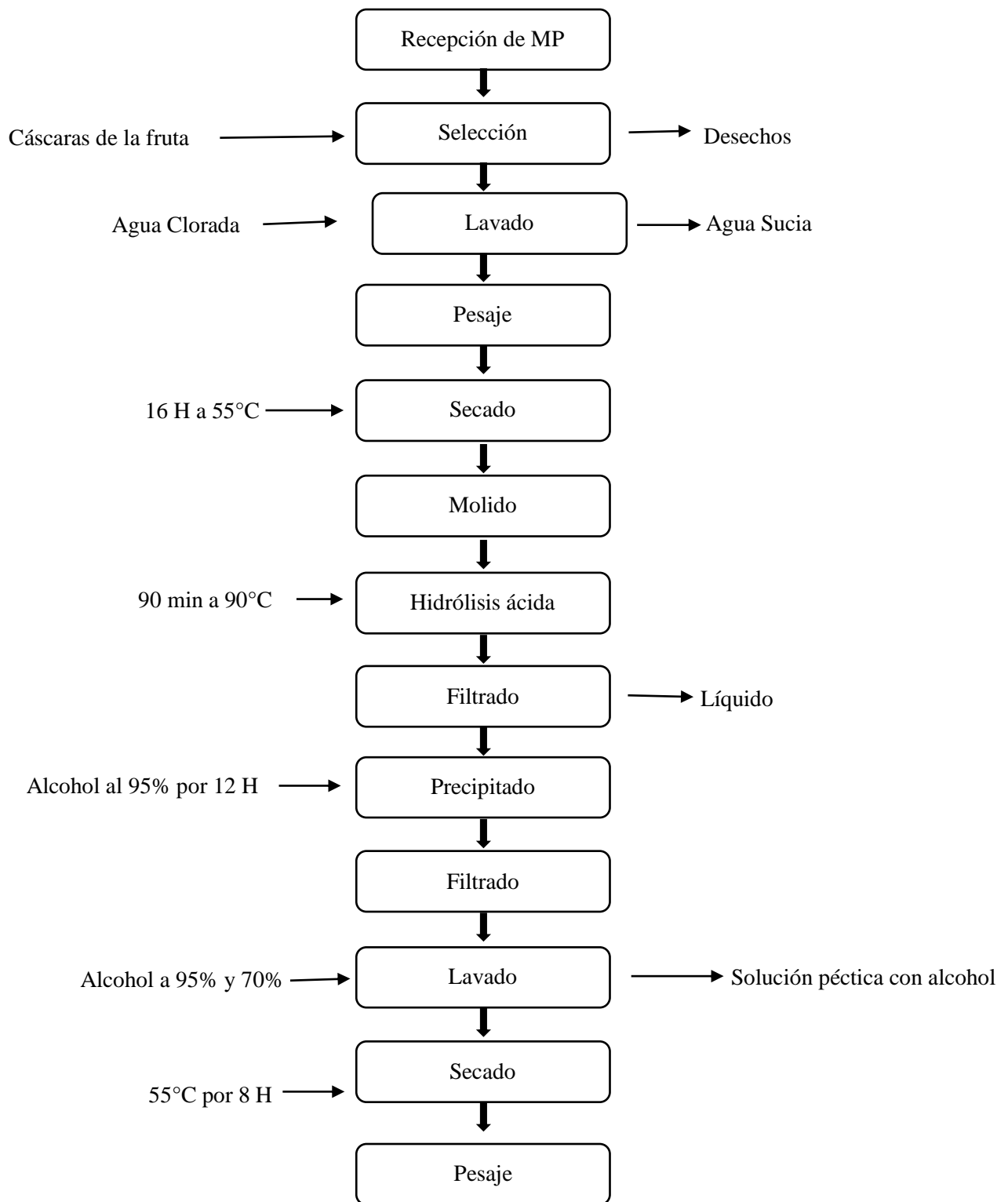


Figura 1-3: Diagrama de flujo para el proceso de extracción de pectina
Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

3.8. Metodología de la evaluación

3.8.1. Determinación del contenido de humedad

La determinación del contenido de humedad en la materia prima y en el producto obtenido se realizó en base a la metodología descrita en la Norma INEN 245, la cual consiste en la pérdida de peso por calentamiento y se sigue el siguiente procedimiento:

Tarar los crisoles por 30 minutos en una estufa, mientras tanto se pesa entre 1-2 g de muestra. Una vez tarados se pesan los crisoles y se adiciona la muestra seguidamente se coloca en una estufa por 12 horas a 100°C aproximadamente. Pasado el tiempo se pesa la muestra y se procesa a calcular la humedad con la siguiente ecuación:

$$\%Humedad = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} \quad \text{Ec. 1-3}$$

Donde:

m = masa del recipiente vacío.

m_1 = masa del recipiente con la muestra húmeda en g.

m_2 = masa del recipiente con la muestra seca.

3.8.2. Determinación del contenido de cenizas

Para la determinación de cenizas tanto en las cáscaras de pitahaya como en la pectina obtenida se utilizó la metodología propuesta en la norma INEN 401, 2013 para la determinación de cenizas en conservas vegetales, la cual consiste en la incineración de la muestra en una estufa o mufla a una temperatura de 600°C, previa calcinación a 105°C para eliminar el material orgánico. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$C = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100 \quad \text{Ec. 2-3}$$

Donde,

C = Contenido de cenizas, porcentaje en masa.

m_1 = Masa de la capsula vacía, en gramos.

m_2 = Masa de la capsula con la muestra, en gramos.

m_3 = Masa de la capsula con las cenizas, en gramos.

3.8.3. *Determinación de pH*

Se realizó en base a la metodología propuesta en la norma INEN 389, 1985, en la cual se utiliza un potenciómetro para la determinación del ion hidrógeno (pH) en conservas vegetales. Se aplicó el mismo método a las cascaras y al producto final.

Se pesó 1 g de muestra para diluirlo en 9 ml de agua estilada y con ayuda de un Bortex se homogenizó la dilución para con un potenciómetro previamente tarado proceder a realizar la lectura del pH, directamente en la muestra.

3.8.4. *Determinación del índice de metoxilo*

Se determinó en base la metodología utilizada por (Vera, 2020, p.20), la cual consiste en preparar una disolución péctica con 0.5 g de muestra humedeciendo con 5 ml de alcohol al 95% y 100 ml de agua destilada.

Posterior a ello se coloca 25 ml de hidróxido de sodio 0.25 N, se agita y se deja en reposo a temperatura ambiente por 30 minutos, concluido este tiempo se agrega 25 ml de ácido clorhídrico al 0.25 N, se mezcla bien y se coloca de 3 a 5 gotas de fenolftaleína, finalmente se realiza una titulación con NaOH al 0.1 N hasta obtener un pH de 7,5 o a su vez que la muestra se torne a un color rojizo. Para determinar el % de metoxilo se aplicó la siguiente formula:

$$\%Metoxilo = \frac{meq B * 31 * 100}{mg \text{ del componente ácido}} \quad \text{Ec. 3-3}$$

Donde:

meq B= miliequivalentes del NaOH (hidróxido de sodio utilizados en la titulación).

31= peso molecular del metoxilo (CH₃O) expresados en mg/meq.

componente ácido= peso de la muestra (g)

3.8.5. *Determinación del grado de gelificación*

El grado de gelificación de la pectina se evaluó en base a la metodología propuesta por (Matute, 2019, p. 78) la cual consiste en preparar disoluciones de pectina en un rango de 0,2-1,5 en 50 ml de agua destilada, se coloca en vasos de precipitación y se lleva a ebullición hasta disolución completa de la pectina, luego se adiciona 100g de sacarosa (Azúcar de mesa) y se diluye, luego

se procede a pesar el líquido adicionando agua hasta tener un peso de 150g.

Una vez estandarizado el peso a 150g se agrega ácido cítrico hasta tener un pH de 3,2 a 3,5 o a su vez de 65-70°Brix y se deja en reposo por 24 horas. Trascurrido el tiempo se procede a observar en qué proporción se genera el mejor gel, y del mejor se calcula con la siguiente ecuación:

$$GG = \frac{\text{Gramos de sacarosa}}{\text{Gramos de pectina utilizada}} \quad \text{Ec. 4-3}$$

El grado de gelificación obtenido varía entre 0-500, en donde se interpreta que, si tiene 500 de GG, 1 kg de pectina tendrá la capacidad de gelificar 500kg de azúcar.

3.8.6. *Determinación de rendimiento*

En términos de productividad y/ rentabilidad el rendimiento es uno de los parámetros más relevantes ya que relaciona lo que se obtiene con los gastos que se ha realizado. Para determinar el rendimiento del proceso de extracción de la pectina de las cascara de pitahaya se utilizó la siguiente ecuación para el debido calculo:

$$\%Rendimiento = \frac{\text{pectina seca (g)}}{\text{peso del polvo seco de la cascara (g)}} * 100 \quad \text{Ec. 5-3}$$

3.8.7. *Determinación de la rentabilidad*

Para el análisis económico se evaluaron los costos de producción se generaron durante todo el proceso productivo para la obtención de la pectina y luego se realizó la determinación del Beneficio/Costo a través de la siguiente ecuación:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} \quad \text{Ec. 6-3}$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis fisicoquímicos en las cáscaras de pitahaya

En la tabla 1-4 se describen los resultados del análisis estadístico realizado a los parámetros considerados para la caracterización de las cáscaras de pitahaya.

Tabla 1-4: Composición fisicoquímica de las cáscaras de pitahaya de los distintos lugares de producción.

PARAMETROS	LUGARES DE PRODUCCIÓN			E.E.	PROB.	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo			
Humedad (%)	83,40a	74,66b	74,45b	0,59	<0,0001	1,71
Cenizas (%)	1,41b	1,75 ^a	1,45b	0,05	0,0014	7,77
pH	5,76b	6,10 ^a	6,12a	0,04	<0,0001	1,36

E.E.: Error Experimental

PROB. < 0.01 Hay diferencias altamente significativas

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

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.1.1. *Humedad (%)*

El contenido de humedad de las cáscaras de pitahaya presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) por efecto de los lugares de procedencia, presentando el valor más bajo las cáscaras obtenidas de Babahoyo con 74,45% y el valor más alto las cáscaras de Palora con 83,40%, lo cual se debe a que según (Burbano et al, 2018), el lugar de producción influye en gran medida sobre la composición de las frutas en su contenido nutricional así como en su contenido de agua debido a que los nutrientes presentes en los suelos varían de acuerdo al tipo de suelo, además recalca que en el oriente existe mayor cantidad de humedad ambiental, que en la región costa.

En el gráfico 1-4 se observa que la humedad de las cáscaras obtenidas de Santo Domingo y Babahoyo (costa) presentan valores iguales estadísticamente, mientras que con las cáscaras de Palora (oriente) su diferencia notable. (Torres et al, 2020, p. 76), en su investigación encontró valores de humedad de 84,15 % en cáscaras de pitahaya amarilla, mismos que se asemejan a los valores encontrados en esta investigación.

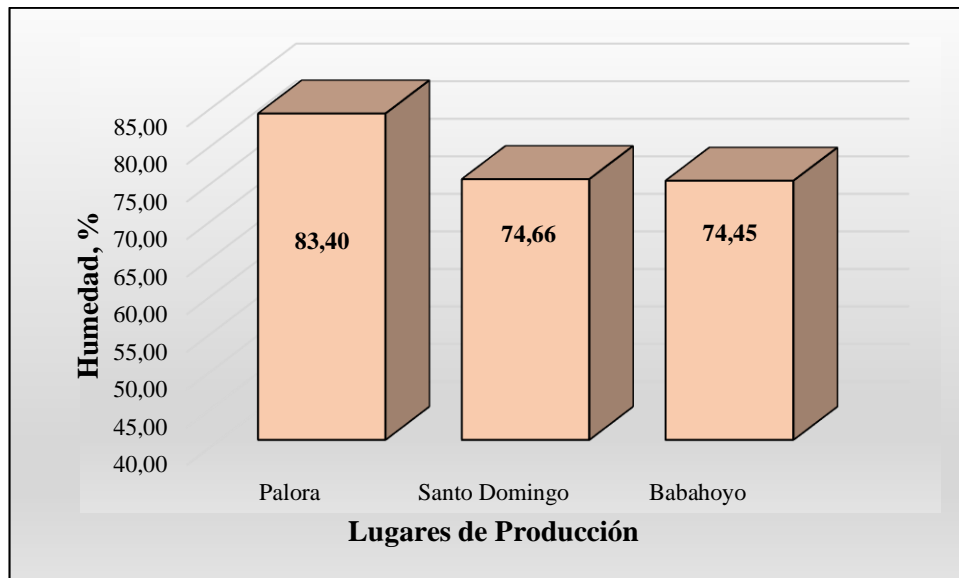


Gráfico 1-4: Contenido de humedad (%) de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.1.2. Cenizas (%)

En lo que respecta al contenido de cenizas, el menor valor se registró en las cáscaras de pitahaya provenientes de Palora con el 1,41%, a diferencia de las cáscaras de Santo Domingo con 1,75 % de cenizas (Gráfico 2-4), valores que estadísticamente son diferentes ($P < 0.01$), por lo que se deduce que el lugar de producción influye en la cantidad de compuestos inorgánicos (cenizas) que contienen las cáscaras, comportamiento que concuerda con lo reportado con (Márquez, 2014, p. 7), quién menciona que a mayor contenido de agua existirá una menor concentración de minerales, por cuanto las cáscaras de pitahaya de Palora contienen mayor porcentaje de humedad y menor contenido de cenizas que los otros tratamientos y viceversa.

Al comparar los resultados obtenidos con los de (Toapanta 2018, p. 77) que determinó en la pitahaya roja el 1,28% de cenizas, estos resultados guardan relación; debiendo también tomarse en consideración lo mencionado por Bolívar (2021, p. 1) en que por lo general en contenido de cenizas en las frutas es variable y las cáscaras al ser parte de los frutos igualmente varían, pero en pequeñas cantidades.

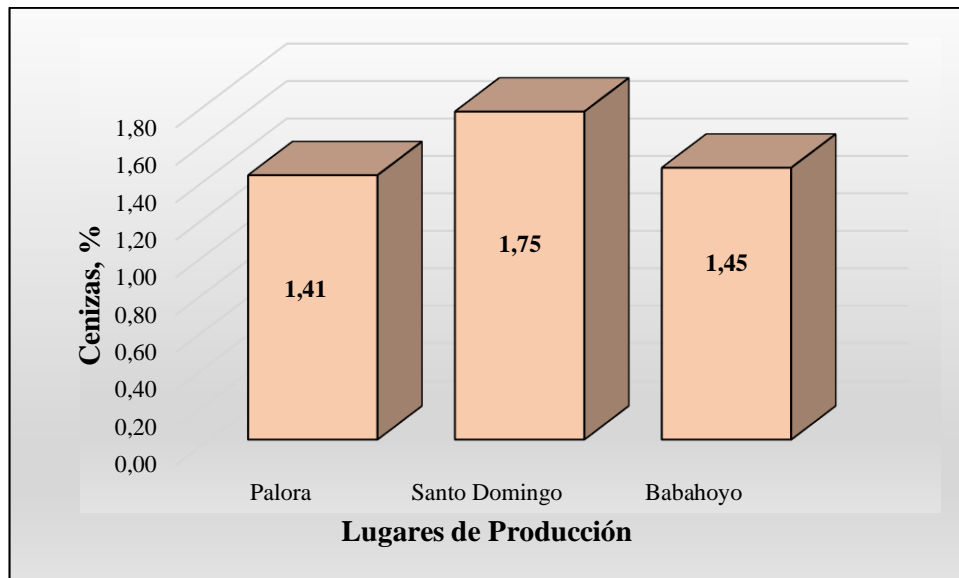


Gráfico 2-4: Contenido de cenizas (%) de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.1.3. *pH*

Los resultados de pH en las cáscaras de pitahaya presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) por efecto de los lugares de procedencia, determinándose que el menor valor de pH fue para las cáscaras de pitahaya obtenidas de Palora con un pH de 5,76, en cambio que las cáscaras de Babahoyo

presentaron el pH de 6,12, que son los dos casos extremos, pudiendo indicarse que las variaciones de pH se deben al lugar de origen de las pitahayas, aunque (Alvarado, 2014, p.27) también señala que uno de los factores que más tiene influencia en cuanto a parámetros como sólidos totales, °Brix, acidez titulable y el pH es el estado de maduración de las frutas, pudiendo atribuirse adicionalmente a este factor las diferencias en cuanto a pH.

En el gráfico 3-4 se ilustran los valores obtenidos de pH de los diferentes tratamientos estudiados.

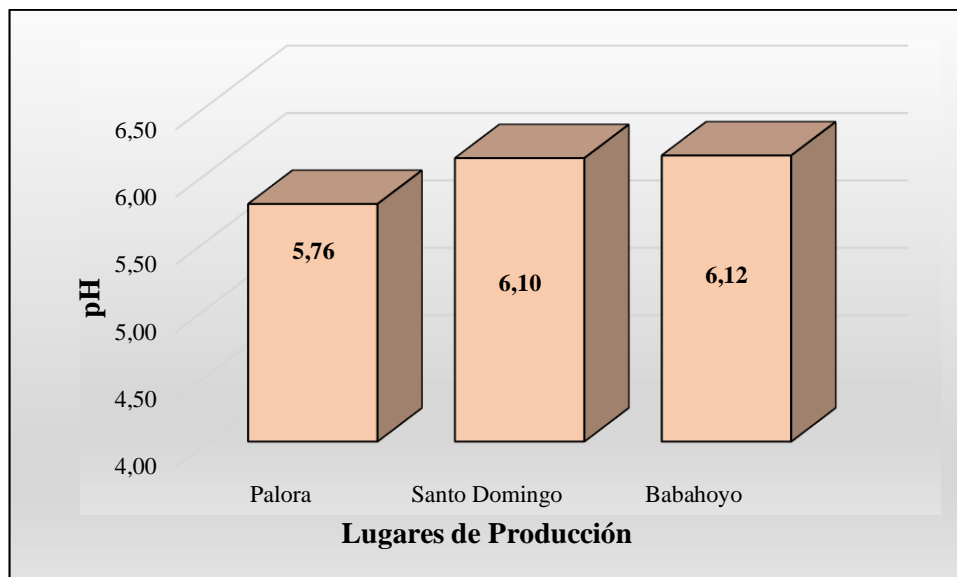


Gráfico 3-4: El pH en las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022

4.2. Obtención e identificación de la pectina

Se realizó la obtención de pectina a partir de las cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megatanthus*), a las cuales se realizó un tratamiento previo a su caracterización, como método de extracción se utilizó la Hidrólisis ácida, posteriormente la precipitación con alcohol etílico a 96°, obteniéndose una un polvo de color ámbar. La identificación de la pectina se realizó en base a la metodología propuesta por (Grande & Romero, 2020, p. 73), la cual consiste en la realización de dos pruebas, mismas que se detallan en la tabla 2-4.

Tabla 2-4: Resultados de las pruebas realizadas para identificación de pectina.

Prueba	Especificación	Resultado
A (pectina + agua+ baño de vapor)	Gel firme al enfriarse	CUMPLE
B (solución de pectina al 1% + etanol)	Precipitado traslucido y gelatinoso	CUMPLE

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

Los resultados expuestos en la tabla 2-4 confirman que el polvo color ámbar con olor característico, obtenido a través de hidrólisis acida es pectina.

4.3. Análisis fisicoquímicos en la pectina obtenida

En la tabla 3-4 se detalla el análisis estadístico de la composición fisicoquímica de la pectina

obtenida de los diferentes lugares de producción.

Tabla 3-4: Composición fisicoquímica de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de diferentes lugares de producción.

PARÁMETROS	LUGARES DE PRODUCCIÓN			E.E.	PROB.	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo			
Humedad (%)	11,08 a	10,73 a	10,22 a	0,27	0,1217	5,72
Cenizas (%)	4,12 b	5,75 a	2,61 c	0,10	<0,0001	5,40
pH	4,34 a	4,44 ab	4,30 b	0,03	0,0093	1,39
Índice de metoxilo (%)	10,76 a	10,14 b	8,92 c	0,13	<0,0001	3,30
Grado de gelificación	98,83 a	97,41 b	97,37 b	0,10	<0,0001	0,22

E.E.: Error Experimental

PROB. < 0.05 Hay diferencias significativas

PROB. < 0.01 Hay diferencias altamente significativas

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

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.3.1. *Humedad (%)*

Los resultados en cuanto al porcentaje de humedad de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) por efecto del lugar de procedencia, por cuanto que los contenidos de humedad en la pectina variaron entre 10,22 y 11,08% correspondiéndoles a las pectinas procedentes de las cáscaras de pitahaya de Babahoyo y Palora respectivamente, debido a que la extracción de la pectina se realizó bajo las mismas condiciones, lo que es corroborado por (García et al, 2014, p.64) quién menciona que en productos con características similares, la humedad es semejante, siempre y cuando se utilicen las mismas condiciones de tiempo y temperatura de secado, lo cual concuerda con el proceso realizado en esta investigación. (Muñoz, 2014, p. 52) determinó que la pectina extraída del endocarpo de pitahaya contenía 10,93% de humedad, del mismo modo (Vera, 2020, p.24) reportó 10,92% de humedad en pectina de pitahaya roja, valores que coinciden los obtenidos en éste análisis. De la misma manera en el gráfico 4-4 se evidencia el contenido de humedad de la pectina, valores que están dentro del rango establecido en las especificaciones de la Food and Agriculture Organization (FAO, 1978), Food Chemicals Codex (FCC, 1981) y Environmental Export Council (EEC, 1978), en donde se establece como humedad máxima en pectinas el 12% (Franco, 2022, p.39).

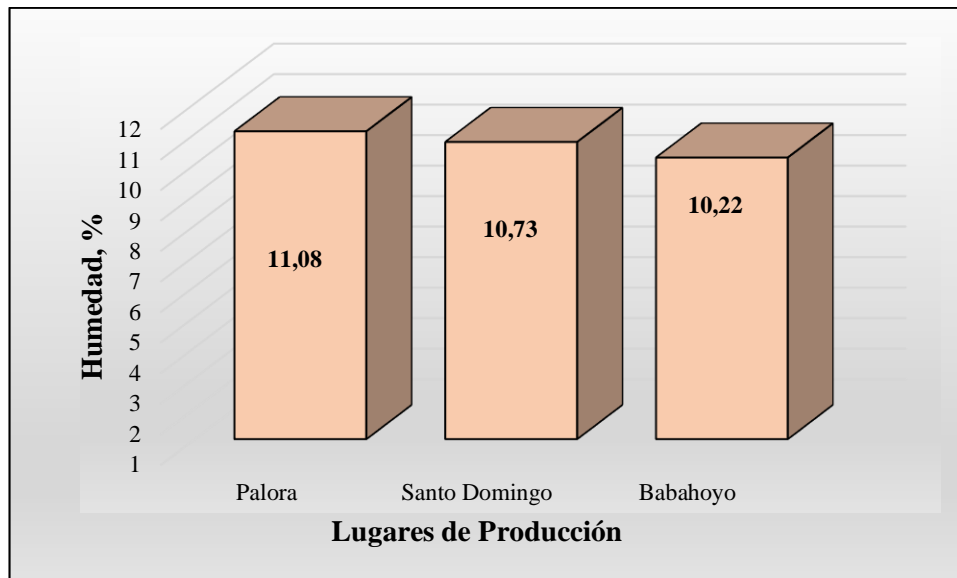


Gráfico 4-4: Contenido de humedad (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.3.2. Cenizas (%)

Según los análisis realizados a la pectina de cáscaras de pitahaya, detallados en la tabla 3-4, el contenido de cenizas de la pectina fue estadísticamente diferentes ($P < 0.01$) por efecto del lugar de procedencia de las cáscaras, observándose que la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de Babahoyo presenta de 2,61% de cenizas, a diferencia que la pectina obtenida de las cáscaras de las pitahayas de Santo Domingo que fue de 5,75%, diferencias que son notorias como se puede observar en el gráfico 5-4; por lo que se puede afirmar que el lugar de procedencia de la materia prima influye directamente en el contenido de cenizas en la pectina, siendo esto importante por cuanto (Vargas, 2019, p. 24) señala que en las pectinas mientras más bajo sea el contenido de cenizas más pura o de mejor calidad se considera la pectina.

Al comparar los valores obtenidos con el reporte de pectinas de otros tipos de frutas como: (Franco, 2022, p.56) que al analizar la pectina obtenida de pepino indica un contenido de 11,16% de cenizas, de igual manera (Vera, 2020, p. 23) al estudiar la pectina obtenida de pitahaya roja señala que el contenido de cenizas de ésta es de 9.22%, sin embargo debido a estas variaciones los valores encontrados y citados están dentro de las especificaciones señaladas por la FCC (1981) para pureza de pectinas comerciales que indica que debe contener un máximo del 10%.

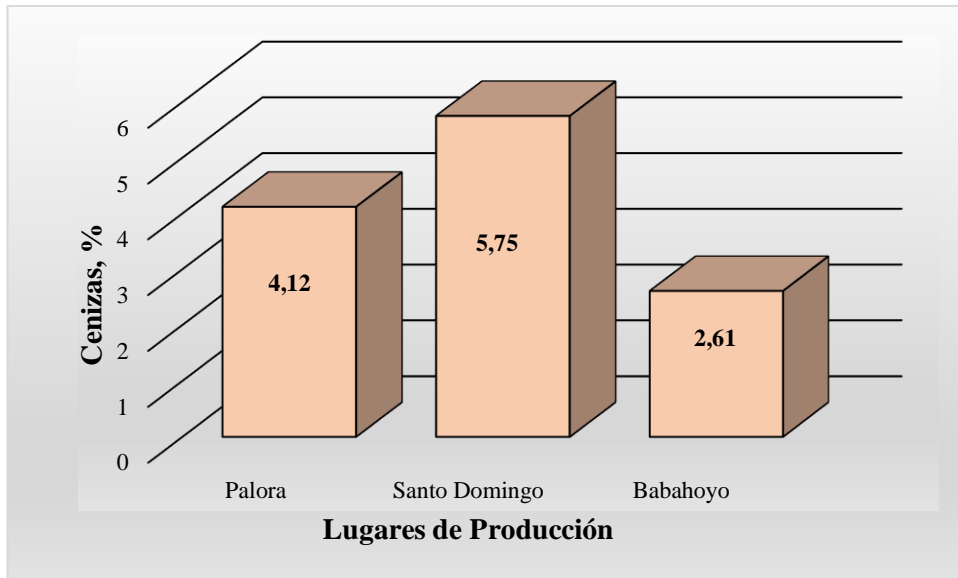


Gráfico 5-4: Contenido de cenizas (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.3.3. *pH*

El pH de la pectina de las cáscaras de pitahaya presenta diferencias altamente significativas ($P < 0.01$)

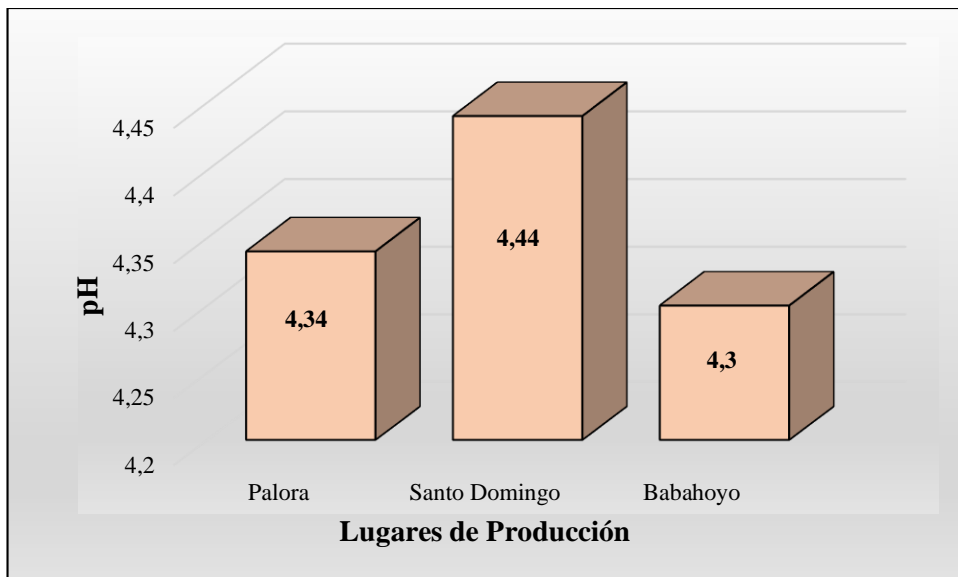


Gráfico 6-4: El pH de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

por efecto de los lugares de procedencia, por cuanto presentaron valores entre 4,30 a 4,44 que corresponden a las pectinas obtenidas de las cáscaras de pitahaya de Babahoyo y Santo Domingo

respectivamente, presentando características ácidas, debido posiblemente a lo señalado por Ramírez (2019, p. 42), que menciona que en general el pH de las pectinas es bajo por los ácidos que se utilizan para su precipitación y concentración entre éstos el ácido cítrico y ácido nítrico que en el proceso de hidrolisis no se eliminan en su totalidad, pasando a ser parte del producto final, es por ello que en su estudio al analizar pectina de zanahoria registró valores de pH entre 2,99 y 3,25, a diferencia del trabajo de (Muñoz, 2014, p. 63) quién al evaluar la pectina de pitahaya roja reporta valores de 4,03 a 4,83 de pH, que son similares a los resultados obtenidos en la presente investigación.

4.3.4. Índice de metoxilo (%)

En el análisis estadístico de los resultados en la evaluación de la presencia del grupo metoxilo reportado como índice de metoxilo en la pectina obtenida de cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción, se observan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), lo que demuestra que el lugar de procedencia influye en el contenido del grupo metoxilo presente en la materia prima, de entre estos el menor valor se encuentra en la pectina obtenida de las cáscaras de Babahoyo con 8,92% y el mayor valor para la pectina de las cáscaras de Palora con 10,76%, siendo clasificadas como pectinas de alto metoxilo debido a que su valor supera el 7% (Vargas, 2019, p.24). Vargas (2019, p. 50) en su estudio en pectina de pitahaya roja encontró valores entre 8,88 a 11,95 % de porcentaje de metoxilo, valores que se asemejan a ilustrados en el grafico 7-4, por otro lado (Ramírez, 2019, p. 50) en su trabajo en donde utilizó zanahoria para extracción de

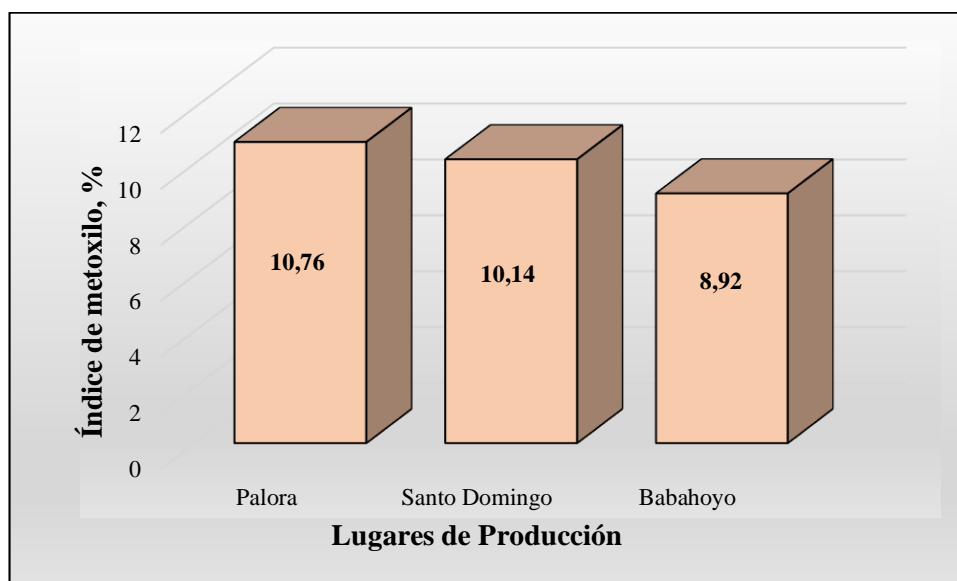


Gráfico 7-4: Contenido de índice de metoxilo (%) de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

pectina determinó que esta contenía entre 1,01 y 1,02 % de metoxilo, siendo estos últimos valores muy inferiores a los encontrados en este trabajo, concluyéndose el contenido de metoxilos de las pectinas varía dependiendo del tipo de frutas y la calidad de las mismas que está directamente relacionada con el manejo del cultivo, el ambiente, el tipo de suelo entre otras características que afectan su composición (FAO, 2015).

4.3.5. *Grado de gelificación*

Los resultados de la evaluación del grado de gelificación estableció que las pectinas obtenidas de las cáscaras de pitahaya de los distintos lugares de procedencia presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) determinándose un valor de 97,37 de grado de gelificación a la pectina obtenida de Babahoyo y la pectina de las cáscaras de Palora con un valor de 98,83, respuestas que pueden deberse a que el grado de gelificación de las pectinas está directamente ligado al contenido de metoxilo, mientras mayor sea el contenido de metoxilo mayor va a ser el grado de gelificación (Matute, 2019, p. 87), demostrándose en este estudio que el tratamiento PA contiene el valor más alto de metoxilo (Gráfico 7-4) y también el valor más alto de gelificación (Gráfico 8-4) y de manera viceversa con la pectina obtenida de Babahoyo.

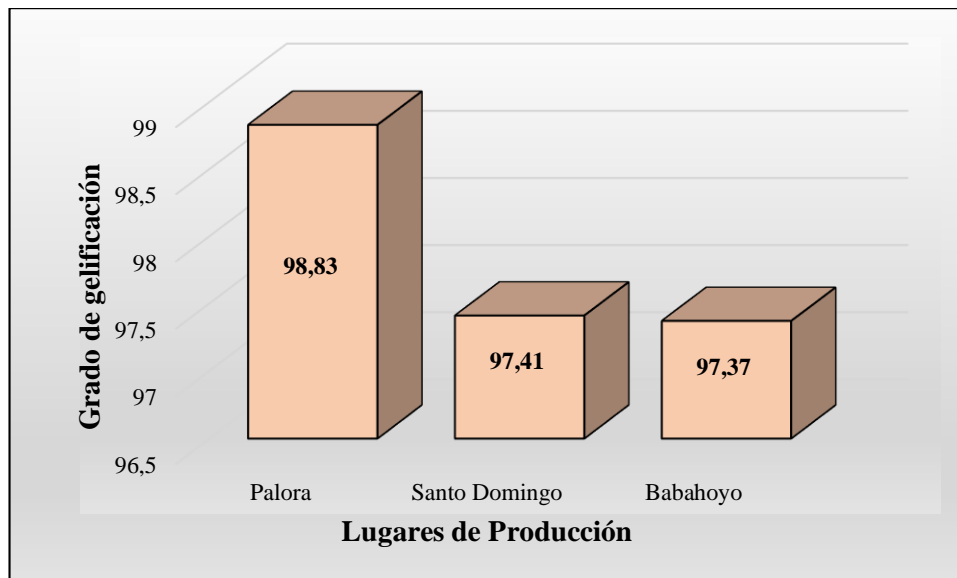


Gráfico 8-4: Grado de gelificación de la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de distintos lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

Según (Rea, 2014, p. 30) la cantidad de pectina que se utiliza varía según su poder de gelificación ya que una pectina con grado de 200 quiere decir que 1 kg de ésta va a gelificar 200 kg de azúcar, es decir que mientras más alto sea el grado de gelificación, mejores características de gelificación van a presentar las pectinas. Matute (2019, p. 87) en su estudio donde evaluó la pectina obtenida

de cáscaras de chirimoya reportó un valor de 96 de grado de gelificación al utilizar 1.0 g de pectina.

4.4. Rendimiento total en el proceso de obtención de la pectina

Para evaluar la cantidad de pectina que se obtiene luego del proceso de transformación de las cáscaras de pitahaya es necesario conocer el peso del polvo seco de las cascara y el peso de la pectina seca obtenida para utilizar la Ec. 5-3 y calcular el rendimiento, esta ecuación se utilizó en todos los tratamientos. En la tabla 4-4 se detalla el resultado del porcentaje de rendimiento del proceso de obtención de la pectina de los diferentes lugares de procedencia.

$$\%Rendimiento = \frac{pectina\ seca\ (g)}{peso\ del\ polvo\ seco\ de\ la\ cascara\ (g)} * 100$$

Tabla 4-4: Análisis estadístico a la prueba de rendimiento del proceso de extracción de pectina de cáscaras de pitahaya.

PARÁMETROS	LUGARES DE PRODUCCIÓN			E.E.	PROB.	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo			
Rendimiento (%)	8,07 a	9,24 a	7,56 a	0,12	0,2798	9,58

E.E.: Error Experimental

PROB. > 0.05 No hay diferencias significativas

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

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

El análisis estadístico del rendimiento en el proceso de obtención de las pectinas por efecto de los lugares de procedencia no reportó diferencias significativas (P> 0.05) encontrándose valores entre 7,56 y 9,24 % de rendimiento, sin embargo, numéricamente se registra una ligera superioridad en la pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya de Santo Domingo (Gráfico 9-4).

Vera (2020, p. 27) de su estudio reportó que el rendimiento de la pectina de pitahaya roja de 7,28 a 8,57 %, en el mismo sentido (Muñoz, 2014, p. 69) al analizar el rendimiento en el proceso de extracción de pectina en pitahayas rojas reportó 7,23% de rendimiento, valores que son similares al rendimiento obtenido en esta investigación.

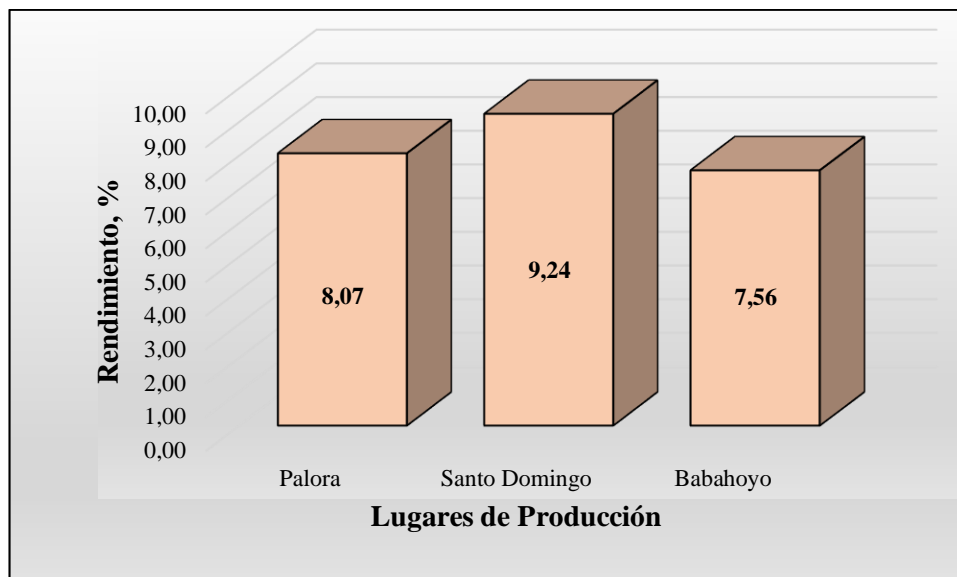


Gráfico 9-4: El rendimiento (%) del proceso de obtención de pectina de diferentes lugares de procedencia.

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

4.5. Análisis económico del proceso de obtención de pectina

4.5.1. Costos de producción

Al establecer los costos de producción se determinó que para producir un kg de pectina el menor costo se alcanza al utilizar las cáscaras de pitahaya provenientes de Santo Domingo con un costo de 20,93 dólares, cuando se utilizó las cascaras provenientes de Palora presentó un costo de 26,80 dólares, en tanto que con las cascaras provenientes de Babahoyo su costo fue de 24,51 dólares por cada kg obtenido, diferencias que pueden supeditadas a la variación de sus características fisicoquímicas y el rendimiento obtenido.

4.5.2. Beneficio/costo

Tomando en consideración el total de ingresos y el total de egresos se procedió a determinar el Beneficio/Costo, determinándose que al comercializar la pectina obtenida de las cáscaras de pitahayas procedentes de Santo Domingo se tiene un beneficio/costo de 1,43 que representa que por cada dólar invertido se obtendría una rentabilidad del 43 %; que es superior a la pectina elaborada con las cáscaras de Babahoyo de la cual su rentabilidad se redujo al 22 % (B/C de 1,22) y más aun con las cascaras provenientes de Palora su rentabilidad es de apenas el 11 % ó un B/C de 1,11, por lo que podría indicar que para obtener una mayor rentabilidad se debería extraer la pectina de las cascaras de pitahaya provenientes de Santo Domingo ya que además se cumplen con los requisitos exigidos por las normas internacionales para pectinas comerciales como son

Food and Agriculture Organization (FAO, 1978), Food Chemicals Codex (FCC, 1981) y Environmental Export Council (EEC, 1978).

Tabla 5-4: Evaluación económica de la pectina de cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.

Descripción	Cantidad	Unidad	Lugares de producción		
			Palora	Santo Domingo	Babahoyo
Cáscaras de pitahaya	5	Kg	0,50	0,50	0,50
Agua destilada	0,5	L	0,25	0,25	0,25
HCl	0,004	L	0,05	0,05	0,05
Etanol 96°	0,5	L	0,50	0,50	0,50
Etanol 75°	0,25	L	0,25	0,25	0,75
Tela lienzo	0,25	M	0,33	0,33	0,33
Servicios Básicos			0,03	0,03	0,03
Envases			0,10	0,10	0,10
Total, Egresos			2,01	2,01	2,01
Cantidad de producto, kg			0,075	0,096	0,082
Costo de producción por kg de pectina			26,80	20,93	24,51
Precio de venta			30,00	30,00	30,00
Total, ingresos			2,25	2,88	2,46
Beneficio/Costo			1,11	1,43	1,22

Elaborado por: Bonilla L., Gloria, 2022.

CONCLUSIONES

- Al caracterizar las cáscaras de pitahaya se determinó que contienen 77,50 % de humedad, 1,54 % de cenizas y un pH de 5,99 presentando pequeñas variaciones de acuerdo al lugar de procedencia.
- La pectina que presenta mayor índice de metoxilo (10,76 %) y grado de gelificación (98,83) es la obtenida de las cáscaras de pitahaya procedentes de Palora y las de menor calidad las que proviene de Babahoyo.
- En función del rendimiento, la pectina que mejor respuesta presentó fue la obtenida de las cáscaras de Santo Domingo (9,24 %) por lo que el costo de producción por kg es de 20,93 dólares y una rentabilidad económica del 43 % (B/C 1,43).

RECOMENDACIONES

- Extraer pectina de cáscaras de pitahaya de Palora por cuanto presenta mejores contenidos de índice de metoxilo y grado de gelificación, aunque económicamente resulta más rentable obtener pectina de las cáscaras provenientes de Santo Domingo.
- Continuar con el estudio utilizando la pectina de cáscaras de pitahaya en la elaboración de productos como mermeladas, jaleas, jugos entre otros usos industriales que requieran como espesantes, gelificantes, estabilizante y emulsionantes.
- Incentivar a los pequeños y medianos productores a la reutilización de las cáscaras de pitahaya dándole un valor agregado mediante la extracción de pectina.

BIBLIOGRAFIA

AGROCALIDAD. *EXPORTACIONES DE PITAHAYA CRECIERON CASI 60% EN 2021* [Blog]. AGROCALIDAD, 2021. [Consulta: 30 Abril 2022]. <https://www.agrocalidad.gob.ec/exportaciones-de-pitahaya-crecieron-casi-60-en-2021/#:~:text=Durante%20el%20a%C3%B1o%202021%2C%20se,que%20se%20envi%C3%B3%2011.260%20toneladas.>

ALMEIDA ECHEVERRÍA, Cinthia. "DISEÑO DE UN PROCESO PILOTO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA COMO GELIFICANTE A PARTIR DE RESIDUOS DE LA NARANJA (*Citrus Sinensis*)" (Trabajo de titulación). Universidad Internacional SEK. Quito, Ecuador. 2017. [Consulta: 2022-04-25]. Disponible en <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2715/1/TESIS%20FINALPDF.pdf>

ANDA LOSA. *Pectinas* [Blog]. Pectines_Cast, 2022. [Consulta: 30 Abril 2022]. Disponible en https://www.sosa.cat/wp/wp-content/uploads/Pectines_CAST.pdf

ARRIAGA RUIZ, M., NERI LUNA, C., PIMIENTA BARRIOS, E., & SANCHEZ MARTINEZ, J. El fruto del pitayo silvestre (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica en época de estiaje. Guadalajara, Mexico : s.n., 2015, *Revista de Ciencias Agropecuarias* Vol.2 No.3, págs. 362-367. [Consulta: 28 Mayo 2022]. ISBN 2410-356X. Disponible en https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Ciencias_Naturales_y_Agropecuarias/vol2num3/Ciencias%20Naturales%20y%20Agropecuarias%20Vol%202%20Num%203%20Final_2.pdf

BALTAZAR FLORES, R., CARVAJAR MARIÑOS, D., BACA RODRIGUEZ, N., & SALVADOR RODRIGUEZ, D. Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. Trujillo, Perú : s.n., 2013, *Dialnet*, págs. 77-89. [Consulta: 26 Abril 2022]. Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/500/475>

BARRETO, G., PÚA, A., DE ALBA, D., & PIÓN, M. *Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (Mangifera indica L.)*. Barranquilla. 2017, Vol. 22 (1). [Consulta: 22 Abril 2022]. Disponible en <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/918/1166>

BOLÍVAR, Gabriel. *Determinación de cenizas: métodos y ejemplos.* Lifeder. [En línea] 2021. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://www.lifeder.com/determinacion-de-cenizas/>

BURBANO, R., BUITRÓN L., VALVERDE, L., RUIZ, C., CRUZ, J., & VARGAS, Y. Evaluación de las Características Físico-químicas de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus megalanthus* Haw.) durante su Desarrollo. *INIAP Estación Experimental Central de la Amazonía.* [En línea] 2018. [Consulta: 15 Julio 2022]. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5420/1/Evaluación%20de%20las%20Características%20Físico-químicas%20de%20Pitahaya%20Amarilla.pdf>. ISBN: 987-9942-35-604-8

CABARCAS HENAO, Esteban, GUERRA BENEDETTI, Adrian Fernando, & HENAO BALSEIRO, César Augusto. EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA APARTIR DE CÁSCARAS DE PLÁTANO PARA DESARROLLAR UN DISEÑO GENERAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN (Trabajo de Grado). Repositorio Universidad de Cartagena. [En línea] 2012. [Consulta: 2022-05-03]. Disponible en <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/109/Trabajo%20de%20grado-Extraccion%20y%20caracterizacion%20de%20pectina%20apartir%20de%20cascaras%20de%20platanano%20para%20desarrollar%20un%20diseño%20general~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAMPOS SANTIAGO, Eduardo Alexis. EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN MEDIO ÁCIDO (Trabajo de titulación). Universidad Nacional José Faustino Carrión, Guacho, Perú. [En línea] 2019. [Consulta: 2022-05-01]. Disponible en <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/5496/EDUARDO%20ALEXIS%20CAMPOS%20SANTIAGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

CHAPARRO, S., MÁRQUEZ, R., SÁNCHEZ, J., VARGAS, M., & GIL, J. Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. Colombia : *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 2015, Vols. 18(2), 435–443. [Consulta: 24 Abril 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.31910/rudca.v18.n2.2015.171/132>

CHARCHALAC OCHOA, Lilian. Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). *Zamoraro.* [En línea] 2008. [Consulta: 2 Mayo 2022]. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5401/1/AGI-2008-T011.pdf>

CORREA, C., GARZA, Y., RODRÍGUEZ, J., AGUILAR, C., & CONTRERAS, E. Geles de pectina de bajo metoxilo modificadas enzimáticamente. Distrito Federal, México. 1999, *Redalyc*, Vol. 43 (1), págs. 15-17. [Consulta: 2 Mayo 2022]. ISBN 1870-249X. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47543203>

DANOVICH, Claudia Liliana. Extracción de pectina de albedo de limón mediante enzimas pécticas producidas por una levadura autóctona (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Nacional de Misiones, Argentina. [En línea] 2019. [Consulta: 2022-05-02]. Disponible en https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2781/Danovich%20CL_2019_Extracci%20de%20pectina.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ECUADOR EXPORTA. *FINCA PROCEL, LA PITAHAYA ES NUESTRA PASIÓN.* Ecuador Exporta. [En línea] 2021. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://ecuadorxporta.com/exportacion/finca-procel-la-pitahaya-es-nuestra-pasion/>.

EL UNIVERSO. *Sobreproducción aqueja al sector de la pitahaya, que pide al Gobierno una ley para regular la actividad* [Blog]. El Universo, 4 de Febrero de 2022. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/sobreproduccion-aqueja-al-sector-de-la-pitahaya-que-pide-al-gobierno-una-ley-para-regular-la-actividad-nota/>

FAO. *Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables* [Blog]. FAO, 2015. [Consulta: 3 Mayo 2022]. Disponible en <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>

FERREIRA ARDILLA, Salomón. Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial [En línea]. Bogotá: *Universidad Nacional de Colombia*, 2007. ISBN 9789587750386. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://elibro.net/es/ereader/epoch/128935>

FRANCO CARVACHE, Ivonne Maoly. OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PEPINO (*Cucumis sativus*) MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA COMO APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS HORTÍCOLAS (Trabajo de titulación). UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, Guayaquil, Ecuador. [En línea] 2022. [Consulta: 2022-08-10]. Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco%20Carvache%20Ivonne%20Maoly.pdf>

f

GARCÍA PERREIRA, A., MUÑOZ BECERÁ, S., HERNÁNDEZ GÓMES, A., MARIO GONZÁLEZ, L., & FERNÁNDEZ VALDES, D. Análisis comparativo de la cinética de deshidratación Osmótica y por Flujo de Aire Caliente de la Piña (Ananas Comosus, variedad Cayena lisa). La Habana : *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2013, Vol. 2 (1). ISSN - 1010-2760, RNPS-0111. [Consulta: 10 Abril 2022]. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta11113.pdf>

GRANDE COREAS, Claudia Lorena, & ROMERO HERNANDEZ, Juana Cecilia. ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE MEZCLAS DE PECTINA CITRICA (Citrus aurantium) Y EXTRACTOS ACUOSOS DE MATIAL (Pereskia lychnidiflora) (Trabajo de Grado). UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, San Salvador, El Salvador. 2020. [Consulta: 14 Julio 2022]. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/22749/1/16103787.pdf>

GUERRERO, G., SUÁREZ, D., & OROZCO, D. Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Temas Agrarios*, 2017, Biblioteca Digital. Universidad de cordova, Vol. 22 (1), págs. 87-92. [Consulta: 14 Julio 2022]. Disponible en <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/919/1167>

GUERRERO PAREDES, María Gabriela. ESTUDIO DE MANERO POSTCOSECHA DE PITAHAYA AMARILLA (Selenicereus megalanthus) PROCEDENTE DEL CANTON PEDRO VICENTE MALDONADO DE LA PROVINCIA DE PICHINCHA. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, Quito, Ecuador. [En línea] 2014. [Consulta: 2022-04-28]. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9105/3/CD-6059.pdf>

HUACHI, L., YUGSI, E., PAREDES, M., CORONEL, D., VERDUGO, K., & SANTAMARÍA, P. DESARROLLO DE LA PITAHAYA (Cereus SP.) EN ECUADOR. Quito : LA GRANJA: *REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA*, 2015, Vols. 22 (2): pág. 50-58. [Consulta: 14 Julio 2022]. ISSNp: 1390-3799, ISSNe: 1390-8596. Disponible en https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13849/1/Lgr_n22_Huachi_Yugsi_Paredes_Corone_l_Verdugo_Coba.pdf

INEN 265. AZÚCAR. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD.

INEN 389. CONSERVAS VEGETALES. DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL ION HIDRÓGENO (pH).

INEN 401:2013. *CONSERVAS VEGETALES. DETERMINACIÓN DE CENIZAS. Primera edición.*

INTAGRI. *Usos e Importancia de la Pitahaya en México* [Blog]. INTAGRI, 2021. [Consulta: 25 Abril 2022]. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/frutales/usos-e-importancia-de-la-pitahaya-en-mexico>

LANDI BOMBON, Ericka Katherine. APROVECHAMIENTO DE LAS CÁSCARAS DE PIÑA (Ananas comosus) Y PITAHAYA (Cereus sp) DESHIDRATADAS COMO FUENTE DE FIBRA EN LA PRODUCCIÓN DE BUÑUELOS (Trabajo de titulación). UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, Milagro, Ecuador. 2022. [Consulta: 2022-04-28] Disponible en <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/LANDI%20BOMBON%20ERICKA%20KATHERINE.PDF>

LUCERO, Karen. Pitahaya: la fruta exótica más exportada de Ecuador. *Revista Gestión.* Multiplica Ediciones, 24 de Enero de 2020. [Consulta: 05 Mayo 2022]. Disponible en <https://www.revistagestion.ec/economia-y-finanzas-analisis/pitahaya-la-fruta-exotica-mas-exportada-del-ecuador>

MALDONADO CULQUIMBOZ, Yojani, & SALAZAR OCAMPO, Sarita Mercedes. Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*vasconcellea weberbaueri* (harms)v.m. Badillo) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas (Tesis de Grado). UNIVERSIDAD NACIONAL "TORIBIO RODRIGUEZ MENDOZA" DE AMAZONAS, Chachapoyas, Perú. 2010. [Consulta: 2022-05-15]. Disponible en <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/959>

MANTILLA MANTILLA, Margarita Rosa. CARACTERIZACIÓN DE PECTINA EXTRAÍDA A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTA (Proyecto de Grado). Universidad de los Andes. [En línea] 2020. [Consulta: 2022-05-02]. Disponible en <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/49095/u833818.pdf?sequence=1>

MÁRQUEZ SIGUAS, Betsy Madeleyne. CENIZAS Y GRASAS. “REFRIGERACIÓN Y CONGELACIÓN DE ALIMENTOS: TERMINOLOGÍA, DEFINICIONES Y EXPLICACIONES” (Proyecto de Grado). UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN, Arequipa, Perú. [En línea] 2014. [Consulta: 2022-07-22]. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&is>

A

MATUTE MACHADO, Tanya Beatriz. EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA DE LA CÁSCARA DE CHIRIMOYA (*Annona cherimola*) DETERMINANDO SU CAPACIDAD DE MODIFICADOR REOLÓGICO (Trabajo de titulación). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. [En línea] 2019. [Consulta: 2022-08-01]. Disponible en <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18451/1/UPS-CT008702.pdf>

MEDINA, J., ROA, A., KONDO, T., & TORO, J. Manual Técnico. Tecnología para el manejo de pitaya amarilla *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran en Colombia. (pp.8-19). *Researchgate*. [En línea] 2013. [Consulta: 29 Abril 2022]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/247152993_2_Generalidades_del_cultivo

MORA CASTRO, Diana. El cultivo de Pitahaya en temporada invernal - *Selenicereus megalanthus* Haw. Bogotá : *Produmedios*, 2011. [Consulta: 26 Abril 2022]. Disponible en <https://www.ica.gov.co/getattachment/bff8ee09-c032-404b-8fcb-8c5f7d72d532/El-cultivo-de-Pitahaya-en-temporada-invernal.aspx>

MUÑOZ LABRADOR, Ana. Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID. CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS (Masterado). [En línea] 2016. [Consulta: 2022-08-17]. Disponible en <https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>

MUÑOZ QUINTANA, María Elizabeth. EXTRACCIÓN DE PECTINA DEL EXOCARPO Y ENDOCARPO DE LA PITAHAYA (*Hylocereus triangularis*) PARA USO AGROINDUSTRIAL. (TESIS DE GRADO). Universidad Técnica de Quevedo, Quevedo, Ecuador. 2014. [Consulta: 2022-04-28]. Disponible en <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/254/1/T-UTEQ-0012.pdf>

MUÑOZ SUQUILANDA, Narda Tamara. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD FINANCIERA PARA LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus*, Britt and Rose) DE EXPORTACIÓN, EN LA COMUNA JULIO MORENO, PROVINCIA DE SANTA ELENA (Tesis de grado). Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Santa Elena. [En línea] 2018. [Consulta: 2022-04-28]. Disponible <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4489/1/UPSE-TAA-2018-0022.pdf>

OSUNA ENCISO, T., VALDEZ TORRES, J., SAÑUDO BARAJAS J., MUY RANGEL, D.,

HERNÁNDEZ VERDUGO, S., VILLAREAL ROMERO, M., & OSUNA RODRÍGUEZ, J. FENOLOGÍA REPRODUCTIVA, RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FRUTO DE PITAHAYA (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) EN EL VALLE DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO. México : *Scielo*, 2016, Vol. 50 (1). ISSN 1405-3195. [Consulta: 26 Abril 2022]. Disponible en <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v50n1/1405-3195-agro-50-01-61-en.pdf>

OVIES, Mario. *Pitahaya, la fruta del dragón y sus beneficios* [Blog]. Redacción. 2021. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://merida.anahuac.mx/noticias/pitahaya-fruta-del-dragon-beneficios>

PAREDES, J., HERNÁNDEZ, R., & CAÑIZARES, A. Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Chile : *Scielo*, 2015, Vols. 33 (3) págs. 35-41. [Consulta: 28 Abril 2022]. ISSN 0718-3429. Disponible en <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v33n3/art06.pdf>

RAMÍREZ QUISPE, Cristian Xavier. “OBTENCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARAS DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y ZANAHORIA AMARILLA (*Daucus carota*)” (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. [En línea] 2019. [Consulta: 03 Agosto 2022]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13098/1/96T00551.pdf>

REA JARA, Leslie Catalina. “DETERMINACIÓN DEL PODER GELIFICANTE DE LA PECTINA EXTRAÍDA DE LA CÁSCARA Y PULPA DEL MARACUYÁ (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* I.) PARA ELABORACIÓN DE POSTRES” (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. [En línea] 2014. [Consulta: 14 Agosto 2022]. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9814/1/84T00306.pdf>

RODRIGUEZ ANGEL, Rubén Dario. PLANTEAMIENTO DE UN PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN Y RECUPERACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE RESIDUOS DE FRUTA MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA (Proyecto de grado). Universidad de los Andes. [En línea] 2020. [Consulta: 2022-05-04]. Disponible en <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/49021/u833720.pdf?sequence=1>

SOTOMAYOR, A., PITIZACA, S., SÁNCHEZ, M., BURBANO, A., DÍAZ, A., NICOLALDE., J., VIERA, W., CAICEDO, C., & VARGAS, Y. Evaluación físico química de fruta de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) en diferentes estados de desarrollo. Quito : *Enfoque*

UTE, 2019, Vol. 10 (1). e-ISSN: 1390-6542 p-ISSN: 1390-9363. [Consulta: 3 Mayo 2022]. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v10n1/1390-6542-enfoqueute-10-01-00089.pdf>

TOAPANTA, E., VALLEJO ABARCA, S., GARCÍA, M., & CALUÑA SÁNCHEZ, E. Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de cascara de papa (*Solanum tuberosum*). Chimborazo : *Ciencia Digital*, 2019, Vols. 3 (2,6) págs. 115-126. ISSN: 2602-8085. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/522/1264>

TORRES VALENZUELA, L., SERNA JIMÉNEZ, L., PINTO, V., & VARGAS, D. Evaluación de condiciones de extracción asistida por ultrasonido de compuestos bioactivos de cáscara de pitahaya amarilla. Colombia : *Scielo*, 2020, Vol. 17 (1). ISSN 1794-4449. [Consulta: 28 Abril 2022]. Disponible en <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v17n1/1794-4449-rlsi-17-01-70.pdf>

URANGO ANAYA, K., ORTEGA QUINTANA, F., VÉLEZ HERNÁNDEZ, G., PÉREZ SERNA, O. Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. Córdova : *Scielo*, 2018, Scielo, Vol. 19 (1), págs. 76-103. [Consulta: 26 Abril 2022]. ISSN 0718-0764. Disponible en <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v29n1/0718-0764-infotec-29-01-00129.pdf>

VARGAS CALVA, Fabián Isaías. Extracción de pectina a partir de las cáscaras de dos variedades de pitahayas (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. [En línea] 2019. [Consulta: 27 Abril 2022]. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19812/1/T-UCE-0008-CQU-177.pdf>

VARGAS, Y., PICO, J., DÍAZ, A., SOTOMAYOR, D., BURBANO, A., CAICEDO, C., PAREDES, N., CONGO, C., TINOCO, L., BASTIDAS, S., CHUQUIMARCA, J., MACAS, J., VIERA, W. *Manual Técnico del cultivo de pitahaya*. INIAP. Manual N° 117 x. Joya de los Sachas, Ecuador, 39p. [En línea] 2020. [Consulta: 17 Abril 2022]. Disponible en <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5551/1/INIAPMANUAL117-2020.pdf>

VERA VERA, A., LÓPEZ VERA, Y., GUILLEN MENDOZA, S., VELÁSQUEZ CEDEÑO, S., & CHILLA CHILLA, C. CALIDAD DE PITAHAYA AMARILLA (*Selenicereus megalanthus*) EN DIFERENTES ESTADOS DE MADUREZ Y TEMPERATURAS DE CONSERVACIÓN. Manabí : *ESPAMCIENCIA*, 2021, Vols. 12 (2) págs. 141-151. [Consulta: 17

Abril 2022]. ISSN-e 1390-8103. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8277957>

VERA GONZÁLEZ, Gissella Elizabeth. EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DEL pH PARA LA EXTRACCIÓN DE LA CASCARA DE PECTINA EN LA CASCARA DE PITAHAYA (SELENICEREUS UNDATUS (HAW) D.R HUNT) (Trabajo de titulación). UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA, Puyo, Ecuador. [En línea] 2020. [Consulta: 2022-04-30]. Disponible en <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/910/1/T.%20AGROIN.%20B.%20UEA.%20%202147.pdf>

VERONA RUIZ, A., URCIA CERNA, J., & PAUCAR MENACHO, L. Pitahaya (Hylocereus spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Ancash : Scientia Agropecuaria*, 2020, Scielo, Vol. 11 (3) , págs. 439-453. [Consulta: 28 Abril 2022]. ISSN 2077-9917. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n3/2077-9917-agro-11-03-439.pdf>


DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
 Dra. Jhonatan Parroto Uguitas MSc.
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

ANEXOS

ANEXO A: ESPECIFICACIONES OFICIALES DE PUREZA PARA PECTINAS COMERCIALES

CARACTERISTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	máx.12%	máx.12%	máx.12%
Cenizas ácido insolubles	máx.1%	máx.1%	máx.1%
Cenizas totales	-	máx.10%	-
Dióxido de Sulfuro	máx.50mg/kg	-	máx.50mg/kg
Metil sulfato de sodio	-	máx.0,1%	-
Metanol, etanol e isopropanol	máx.1%	-	máx.1%
Contenido de nitrógeno pectina amidada	máx.2,5%	-	máx.2,5%
Contenido de nitrógeno pectina	máx.0,5%	-	máx.0,5%
Ácido galacturónico	min. 65%	-	min.65%
Total de anhidrogalacturónico en el contenido de pectina	-	min. 70%	-
Grado de Amidación pectina amidada	máx.25%	máx.40%	máx.25%
Grado de esterificación de pectina HM	-	min 50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	máx.50%	-
Arsénico, ppm	máx.3	máx.3	máx.3
Plomo, ppm	máx.10	máx.10	máx.10
Cobre, ppm	máx.50	-	-
Zinc, ppm	máx.25	-	máx.25
Cobre + Zinc, ppm	-	-	máx.50
Metales pesados	-	máx.40	-

ANEXO B: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA.

HUMEDAD

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	15	0,93	0,91	1,71

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	260,89	2	130,45	74,07	<0,0001
LUGARES DE PRODUCCIÓN	260,89	2	130,45	74,07	<0,0001
Error	21,13	12	1,76		
Total	282,03	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,23917

Error: 1,7611 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
PA	83,40	5	0,59	A
SD	74,66	5	0,59	B
BY	74,45	5	0,59	B

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

ANEXO C: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE CENIZAS DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA.

CENIZAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CENIZAS	15	0,66	0,61	7,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,34	2	0,17	11,86	0,0014
LUGARES DE PRODUCCIÓN	0,34	2	0,17	11,86	0,0014
Error	0,17	12	0,01		
Total	0,51	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,20135

Error: 0,0142 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
SD	1,75	5	0,05	A
BY	1,45	5	0,05	B
PA	1,41	5	0,05	B

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

ANEXO D: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PH DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA.

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,84	0,81	1,36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,41	2	0,20	30,70	<0,0001
LUGARES DE PRODUCCIÓN	0,41	2	0,20	30,70	<0,0001
Error	0,08	12	0,01		

Total 0,49 14

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,13777

Error: 0,0067 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
BY	6,12	5	0,04	A
SD	6,10	5	0,04	A
PA	5,76	5	0,04	B

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

ANEXO E: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LA PECTINA OBTENIDA.

HUMEDAD

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
HUMEDAD	15	0,30	0,18	5,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,88	2	0,94	2,52	0,1217
LUGARES DE PRODUCCIÓN	1,88	2	0,94	2,52	0,1217
Error	4,48	12	0,37		
Total	6,36	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,03099

Error: 0,3734 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
PA	11,08	5	0,27	A
SD	10,73	5	0,27	A
BY	10,22	5	0,27	A

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

ANEXO F: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PORCENTAJE DE CENIZAS DE LA PECTINA OBTENIDA.

CENIZAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
CENIZAS	15	0,98	0,97	5,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,69	2	12,35	244,37	<0,0001
LUGARES DE PRODUCCIÓN	24,69	2	12,35	244,37	<0,0001
Error	0,61	12	0,05		
Total	25,30	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,37926

Error: 0,0505 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
SD	5,75	5	0,10	A
PA	4,12	5	0,10	B
BY	2,61	5	0,10	C

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

ANEXO G: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PH LA PECTINA OBTENIDA.

pH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,54	0,47	1,39

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,05	2	0,03	7,09	0,0093
LUGARES DE PRODUCCIÓN	0,05	2	0,03	7,09	0,0093
Error	0,04	12	3,7E-03		
Total	0,10	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10217

Error: 0,0037 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.		
SD	4,44	5	0,03	A	
PA	4,34	5	0,03	A	B
BY	4,30	5	0,03		B

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

**ANEXO H: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL ÍNDICE DE METOXILO DE LA PECTINA
OBTENIDA.**

METOXILO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
METOXILO	15	0,89	0,87	3,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,71	2	4,35	49,11	<0,0001
LUGARES DE PRODUCCIÓN	8,71	2	4,35	49,11	<0,0001
Error	1,06	12	0,09		
Total	9,77	14			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,50238

Error: 0,0887 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.		
PA	10,76	5	0,13	A	
SD	10,14	5	0,13		B
BY	8,92	5	0,13		C

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

ANEXO I: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL GRADO DE GELIFICACIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA.

GELIFICACIÓN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GELIFICACIÓN	15	0,93	0,91	0,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,86	2	3,43	75,78	<0,0001
LUGARES DE PRODUCCIÓN	6,86	2	3,43	75,78	<0,0001
Error	0,54	12	0,05		
Total	7,41	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,35902

Error: 0,0453 gl: 12

LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
PA	98,83	5	0,10	A
BY	97,41	5	0,10	B
SD	97,37	5	0,10	B

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

ANEXO J: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL RENDIMIENTO EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE LA PECTINA OBTENIDA.

RENDIMIENTO

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RENDIMIENTO	15	0,19	0,06	9,58

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,22	2	0,11	1,42	0,2798
LUGARES DE PRODUCCIÓN	0,22	2	0,11	1,42	0,2798
Error	0,91	12	0,08		
Total	1,13	14			


Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,46476

Error: 0,0759 gl: 12


LUGARES DE PRODUCCIÓN	Medias	n	E.E.	
SD	9,24	5	0,12	A
PA	8,07	5	0,12	A
BY	7,56	5	0,12	A

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

ANEXO K: REPORTE DEL RENDIMIENTO DE LA PECTINA OBTENIDA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS



HOJA DE RESULTADO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA (*Selenicereus megalanthus*)

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

PARÁMETROS	PROCESAMIENTO
CÓDIGO DE LAS MUESTRA	PA: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Palora
	SD: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Santo Domingo
	BY: Cáscaras de pitahaya obtenidas de Babahoyo
MUESTRA	Cáscaras de pitahaya
ESTADO DE LA MUESTRA	Muestra sólida
NOMBRE DEL PRODUCTO A OBTENER	Pectina
FECHA DE INICIO DEL PROCESO EN EL LABORATORIO	06 de Junio de 2022
LUGAR DE MUESTREO	ESPOCH – LAB. DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS
PROCESO SOLICITADO	Extracción de pectina Porcentaje de rendimiento


2. RESULTADOS

TABLA 1.- PORCENTAJE DE RENDIMIENTO OBTENIDO DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA.

Tratamientos	Rendimiento (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	V
PA	7.40%	9.93%	9.33%	4.81%	9.46%
SD	7.96%	8.87%	8.29%	10.93%	10.21%
BY	7.80%	6.50%	7.05%	8.84%	7.79%

Fuente: Laboratorio de Procesamiento de Alimentos
Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero
Dirigido por: Ing. Gabriela Vayas

ATENTAMENTE



ING. GABRIELA VAYAS
 TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO
 DE PROCESAMIENTO DE ALIMENTOS

Fecha de entrega: 05/08/2022

ANEXO L: REPORTE DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA Y DE LA PECTINA OBTENIDA.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



HOJA DE RESULTADO DE ANÁLISIS

1. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

PARÁMETROS	BROMATOLÓGICO	
CÓDIGO	C: Cáscaras; P: Pectina; PA: Palora; SD: Santo Domingo; BY: Babahoyo	
	C-PA: Cáscaras de pitahaya de Palora. P-PA: Pectina obtenida de C-PA	
	C-SD: Cáscaras de pitahaya de Santo Domingo. P-SD: Pectina obtenida de C-SD	
	C-BY: Cáscaras de pitahaya de Babahoyo. P-BY: Pectina obtenida de C-BY	
MUESTRA ESTADO DE LA MUESTRA	Cáscaras de pitahaya y pectina obtenida. Muestra sólida	
NOMBRE DE LA MUESTRA	Pectina	
FECHA DE INICIO DE LOS ANÁLISIS EN EL LABORATORIO	11 de Julio de 2022	
LUGAR DE MUESTREO	<i>ESPOCH – LAB. DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL</i>	
ANÁLISIS SOLICITADO	<i>Cáscaras de Pitahaya</i>	<i>Humedad (%)</i>
		<i>Cenizas (%)</i>
		<i>pH</i>
	<i>Pectina Obtenida</i>	<i>Humedad (%)</i>
		<i>Cenizas (%)</i>
		<i>pH</i>
	<i>Índice de metoxilo (%)</i>	
	<i>Grado de gelificación</i>	

2. RESULTADOS

2.1 Análisis realizados a las cáscaras de pitahaya.

TABLA 1.- ANÁLISIS DE HUMEDAD (%) EN LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA POR TERMOBALAZA, FÓRMULA: $H=100-MS$ (MS: Materia Seca)

Tratamientos	Humedad (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
C-PA	83.53	82.49	83.81	84.57	82.60
C-SD	75.44	77.52	73.53	72.16	74.66
C-BY	74.33	74.39	75.43	73.55	74.54

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

Fecha de entrega: 03/08/2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



TABLA 2.- ANÁLISIS DE pH EN LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA

Tratamientos	pH				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
C-PA	5.90	5.80	5.60	5.80	5.70
C-SD	6.20	6.00	6.10	6.10	6.10
C-BY	6.10	6.10	6.10	6.20	6.10

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

TABLA 3.- ANÁLISIS DE CENIZAS (%) EN LAS CÁSCARAS DE PITAHAYA

$$\text{FÓRMULA: } A = \% \text{Cenizas} = \frac{(\text{Peso del crisol} + \text{cenizas}) - (\text{Peso del crisol})}{(\text{Peso del crisol} + \text{muestra}) - (\text{Peso del crisol})}$$

Tratamientos	Humedad (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
C-PA	1.40	1.39	1.49	1.38	1.41
C-SD	1.61	1.97	1.80	1.63	1.73
C-BY	1.47	1.56	1.56	1.43	1.22

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

2.2 Análisis en la Pectina obtenida

TABLA 4.- ANÁLISIS DE HUMEDAD (%) EN LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA POR TERMOBALAZA FÓRMULA: H=100-MS (MS: Materia Seca)

Tratamientos	Humedad (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
P-PA	11.57	10.33	11.21	11.79	10.52
P-SD	11.23	10.59	10.48	10.25	11.08
P-BY	9.84	9.83	11.52	10.08	9.83

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



TABLA 5.- ANÁLISIS DE pH EN LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA.

Tratamientos	pH				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
P-PA	4.3	4.4	4.3	4.4	4.3
P-SD	4.4	4.5	4.4	4.5	4.4
P-BY	4.3	4.3	4.2	4.3	4.4

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

TABLA 6.- ANÁLISIS DE CENIZAS (%) EN LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA.

$$\text{FÓRMULA: \%Cenizas} = \frac{(\text{Peso del crisol+cenizas})-(\text{Peso del crisol})}{(\text{Peso del crisol+muestra})-(\text{Peso del crisol})}$$

Tratamientos	Cenizas (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
P-PA	4.33	4.73	3.94	4.06	4.12
P-SD	5.48	5.77	5.86	5.80	5.85
P-BY	2.47	2.53	3.19	2.42	2.44

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

TABLA 7.- ANÁLISIS DE ÍNDICE DE METOXILO (%) EN LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA.

$$\text{FÓRMULA: \%metoxilo} = \frac{V(\text{NaOH}) \cdot 31}{\text{mg de pectina}} \cdot 100$$

31: Peso molecular del metoxilo

Tratamientos	Índice de metoxilo (%)				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
P-PA	11.11	10.34	10.85	10.77	10.72
P-SD	9.71	10.20	9.83	10.38	10.38
P-BY	9.17	8.78	8.60	9.10	8.97

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

Fecha de entrega: 03/08/2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL



TABLA 8.- ANÁLISIS DE GRADO DE GELIFICACIÓN EN LA PECTINA OBTENIDA A PARTIR DE CÁSCARAS DE PITAHAYA.

FÓRMULA: GG = (Gramos de sacarosa/gramos de pectina utilizada)

Tratamientos	Grado de gelificación				
	Repeticiones				
	I	II	III	IV	VI
P-PA	98.83	98.66	98.88	99.04	98.69
P-SD	97.39	97.23	97.43	97.68	97.11
P-BY	97.20	97.38	97.78	97.14	97.52

Fuente: Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal

Realizado por: Gloria Maribel Bonilla Lucero

Dirigido por: Bqf. Alicia Zavala

ATENTAMENTE

Bqf. Carmen Alicia Zavala Toscano
TÉCNICO DEL LABORATORIO DE
BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN ANIMAL

Fecha de entrega: 03/08/2022

ANEXO M: IMÁGENES DE LA INVESTIGACIÓN

1. Pretratamiento de las cáscaras (Selección, lavado, pesado, troceado, secado y molido)

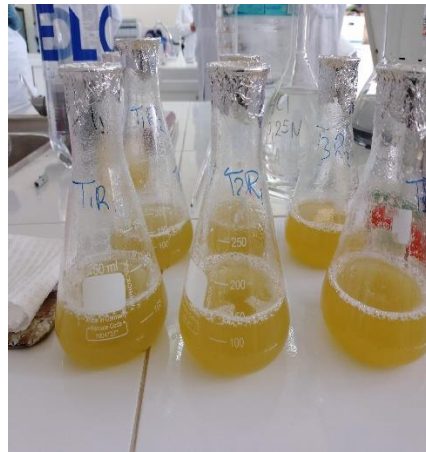


2. Hidrólisis Ácida (Acidificación del agua, pesaje de MP, calentamiento del agua acidulada, hidrólisis, tamizaje 1, precipitación, tamizaje 2, lavados, secado, triturado y almacenado)





3. Análisis fisicoquímicos (Humedad, índice de metoxilo, grado de gelificación, cenizas, pH)





esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 17 / 05 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Gloria Maribel Bonilla Lucero
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz

*

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACIÓN
Ing. Jonathan Darrocho Uguitas MBA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1

0752-DBRA-UTP-2023

0752-DBRA-UTP-2023