



Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19). Edición continua

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

Gloria Maribel Bonilla Lucero^{1*}, Sandra Elizabeth López Sampedro², Manuel Enrique
Almeida Guzmán³, Dario Javier Baño Ayala⁴

^{1,2,3,4}AGI-FCP-ESPOCH, Escuela Politécnica del Chimborazo

*Dirección para correspondencia: gloria.bonilla@epoch.edu.ec

Fecha de Recepción: 10/10/2023

Fecha de Aceptación: 13/11/2023

Fecha de Publicación: 26/01/2024

Resumen

En el Ecuador se producen apropiadamente 1528 hectáreas de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) que se exportan a 17 países del mundo. La producción de productos derivados de la pitahaya está aumentando en todos los países, procesando vino, mermeladas, jaleas, productos deshidratados y jabones, de los cuales los mayores desperdicios son las cáscaras de pitahaya. El objetivo de este trabajo de investigación fue caracterizar la pectina obtenida de la cáscara de pitahaya de las ciudades de Palora (CP), Santo Domingo (CT) y Babahoyo (CB). Donde se evaluó la influencia de los tres lugares de procedencia sobre las propiedades físicas y químicas de la cáscara y la pectina resultante, para ello se estableció a cada lugar de origen como un tratamiento experimental. Para el tratamiento estadístico se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), programa estadístico InfoStat versión 2020. El proceso de extracción de pectina se realizó bajo las mismas condiciones para cada tratamiento, realizándose una hidrólisis ácida a 90 °C durante 90 minutos con ácido clorhídrico 0.1 N. La cáscara de pitahaya presentó como promedio una humedad de 77.52%, cenizas de 1.55% y pH de 6.01, mostrando diferencias leves según el lugar de procedencia; la pectina de mayor índice de metoxilo (10.77%) y grado de gelificación (98.84%) proviene de ciudad Palora, la pectina de menor calidad es de Babahoyo (8.93 y 97.38%, respectivamente); el de mejor rendimiento de extracción es de Santo Domingo (9.25%) con un costo de producción de 20.93 dólares/ kg y un Costo/Beneficio de 1.43. Se recomienda obtener pectina de la cáscara de pitahaya en Palora debido a su mejor contenido de índice de metoxilo y grado de gelificación, aunque la pectina obtenida de la cáscara de Santo Domingo resulta más económica.

Palabras claves: Pectina, Hidrólisis Ácida, Pitahaya, Aprovechamiento de Residuos.

IDs Orcid:

Ing. Gloria Maribel Bonilla Lucero: <https://orcid.org/0009-0009-9400-9500>

Mg. Sandra Elizabeth López Sampedro: <https://orcid.org/0000-0003-0209-2087>

Ing. Manuel Enrique Almeida Guzmán: <https://orcid.org/0009-0008-8286-9733>

Ing. Dario Javier Baño Ayala: <https://orcid.org/0000-0003-0831-5384>

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

CHARACTERIZATION OF PECTIN OBTAINED FROM PITAHAYA SHELLS (*Selenicereus megalanthus*).

Abstract

Ecuador produces 1528 hectares of dragon fruit (*Selenicereus megalanthus*) and exports to 17 countries around the world. The production of dragon fruit products is increasing in all countries, processing wine, jams, jellies, dehydrated products and soaps, of which the largest waste is dragon fruit peels. The objective of this research work was to characterize the pectin obtained from the pitahaya peel of the cities of Palora (CP), Santo Domingo (CT) and Babahoyo (CB). Where the influence of the three places of origin on the physical and chemical properties of the peel and the resulting pectin was evaluated, for this purpose each place of origin was established as an experimental treatment. For the statistical treatment, a Completely Randomized Design (DCA), InfoStat version 2020 statistical program, was used. The pectin extraction process was carried out under the same conditions for each treatment, performing an acid hydrolysis at 90 °C for 90 minutes with 0.1 N hydrochloric acid. The pitahaya shell presented an average humidity of 77.52%, ash of 1.55% and pH of 6.01, showing slight differences depending on the place of origin; the pectin with the highest methoxyl index (10.77%) and degree of gelling (98.84%) comes from Palora city, the lowest quality pectin is from Babahoyo (8.93 and 97.38%, respectively); the one with the best extraction yield is from Santo Domingo (9.25%) with a production cost of 20.93 dollars/kg and a Cost/Benefit of 1.43. It is recommended to obtain pectin from dragon fruit peel in Palora due to its better methoxyl index content and degree of gelling, although pectin obtained from Santo Domingo peel is more economical.

Keywords: Pectin, Acid Hydrolysis, Pitahaya, Waste use.

1. INTRODUCCIÓN

En Ecuador la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) conocida como fruta del dragón, tiene una alta demanda en el país y el mundo por sus numerosos beneficios para la salud, siendo una fuente muy significativa de antioxidantes naturales, así como su contenido de captina, vitamina C y B12, que son esenciales para la producción de glóbulos rojos (Cruz, 2015; Ovies, 2015; Vargas, 2020).

Vargas et al. (2020) indicaron que las provincias de Pastaza, Napo, Morona Santiago, Guayas, los Ríos, Manabí, Santa Elena, Esmeralda, Santo Domingo de los Tsáchilas y El Oro, producen cerca de 1528 hectáreas de pitahaya, las cuales se exportan a 17 países del mundo. Según la entidad Ecuador Exporta (2021), en todo país se evidencia un crecimiento de la producción de productos derivados de la pitahaya, procesando vinos, mermeladas, jaleas, productos deshidratados y jabones, siendo las cáscaras de pitahaya sus principales residuos.

La industria alimentaria ha crecido en número con el tiempo y continúa evolucionando, desarrollando nuevas tecnologías para satisfacer las demandas de los consumidores. Sin embargo, debido a la falta de una gestión y organización adecuada, los residuos (subproductos) generados por estas industrias no se aprovechan eficazmente para crear nuevos productos (Montes y Bautista, 2019; Montalvo et al., 2023; Rodríguez et al., 2023).

La pectina es un polisacárido que se encuentra en los tejidos vegetales, pero debido a su bajo contenido en ciertas especies, no es viable obtener pectina de todos los vegetales, por lo que la industria alimentaria ha preferido obtener pectina de frutos cítricos, que contienen altas cantidades de este compuesto químico (Almeida, 2017; Santana, 2020; Verona et al., 2020).

Debido a la alta demanda de las pectinas por sus propiedades gelificantes, espesantes, estabilizantes y emulsionantes, actualmente se están realizando investigaciones para extraer pectina de residuos de frutas no tradicionales corresponde a cáscaras de cacao, plátano, papa entre otros. (Cabarcas et al., 2012).

Sumado a esto, la pectina, que se utiliza en el país para la elaboración de diversos productos, es importada de países como México, Estados Unidos y Dinamarca, lo que influye en los altos costos de fabricación (Muñoz, 2014).

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

Los métodos de extracción de pectina incluyen las metodologías enzimáticas, microbianas, por reflujo, asistida por microondas y por hidrólisis ácida. Este último es muy utilizado a nivel industrial y de laboratorio por su bajo costo económico en relación a los métodos tradicionales. Además, investigaciones anteriores han demostrado que el rendimiento del proceso de extracción no cambiará mucho en comparación con otros métodos, asimismo el índice de metoxilo de la pectina podrá estabilizarse en función al pH del medio. Una vez extraída la pectina, se purifica por medio de la centrifugación, que separa los cuerpos extraños, ya sean azúcares, proteínas o la propia protopectina (Pérez et al., 2017; Mantilla, 2020; Sánchez, 2020; Vásquez et al., 2020).

Vargas (2019) extrajo pectina de desechos de pitahaya de dos variedades en distintos ambientes ácidos, donde se encontró que el grado de esterificación de pectina en ambas variedades de pitahaya fue mayor al 50%, es decir, la pectina resultante tiene altos grupos metoxilo. Muñoz (2014) utilizó diferentes ácidos para extraer pectina de la piel de la pitahaya (*Hylocereus Triangleis*) en diferentes estados de madurez, donde se comprobó que el tipo de ácido utilizado para extraer la pectina no afecta el rendimiento, pero la madurez tiene un efecto significativo sobre el rendimiento, obteniéndose en la pitahaya verde un estado maduración del 7.23%.

Considerando los principales factores que afectan el rendimiento de la pectina, este estudio propone determinar el efecto del origen de la pitahaya sobre su rendimiento y sus propiedades fisicoquímicas para proporcionar una referencia para la producción de pectina. Se propone al pequeño y mediano productor una alternativa tecnológica que reduzca el impacto ambiental con una revalorización de los residuos industriales, donde se aplicaron los siguientes objetivos:

Caracterizar las cáscaras de pitahaya que se utilizarán en el proceso de extracción.

Evaluar los parámetros físicos, químicos y rendimiento de pectina obtenida de las cáscaras de pitahaya en tres lugares de producción: Palora, Santo Domingo y Babahoyo.

Determinar la rentabilidad del proceso de extracción de pectina utilizando relaciones beneficio/costo.

2. METODOLOGÍA

2.1. Lugar y duración del experimento

El trabajo se ejecutó en el laboratorio de Procesamiento de Alimentos donde se realizó la extracción de la pectina y cálculo del rendimiento, y los ensayos físicos y químicos de las materias primas y del producto final en el laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, localizada en Riobamba, Provincia de Chimborazo, Ecuador. El tiempo de ejecución de la investigación fue aproximadamente de 90 días.

2.2. Unidades experimentales

Se emplearon 15 kg de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) divididos en tres tratamientos, los que corresponden a lugares de procedencia (Palora, Santo Domingo y Babahoyo). Para cada unidad experimental se empleó 1 kg de desechos, cada tratamiento se replicó 5 veces para determinar el efecto del lugar sobre el rendimiento de pectina y sus propiedades físicas y químicas.

2.3. Tratamientos y diseño experimental

Se evaluó la influencia de tres lugares de procedencia de pitahaya sobre las propiedades físicas y químicas de la cascara y la pectina resultante, para ello se estableció a cada lugar de origen como un tratamiento experimental, y en cada tratamiento se realizaron 5 repeticiones. Los códigos utilizados para las unidades experimentales se detallan a continuación:

- CP: Cáscaras de pitahaya procedentes de Palora.
- CT: Cáscaras de pitahaya procedentes de Santo Domingo de los Tsáchilas.
- CB: Cáscaras de pitahaya procedentes de Babahoyo.

En la Tabla 1 se observa el esquema del experimento, donde se detallan los tratamientos, código, número de repeticiones y peso de la cascara.

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

Tabla 1. Esquema del experimento

Tratamientos (sitios)	Código	Nº de Repeticiones	Peso de la cascara (kg)
Palora	CP	5	5.0
Santo Domingo	CT	5	5.0
Babahoyo	CB	5	5.0

Las unidades experimentales se evaluaron según un Diseño Completamente al Azar (DCA) y se ajustaron a un modelo lineal para su análisis

2.4 Análisis estadístico y pruebas de significancia

Los resultados del análisis experimental de este estudio, se tabularon y luego se procesaron en el programa estadístico InfoStat versión 2020, donde se realizó el siguiente análisis estadístico:

- Análisis de varianza (ADEVA).
- Separación de medias utilizando la prueba de Tukey con un nivel de probabilidad de $P < 0.05$.

En la Tabla 2 se observa el esquema de ADEVA planteado para el experimento, donde se expone la fuente de variación y grados de libertad.

Tabla 2: Esquema del ADEVA

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

2.5 Procedimiento experimental

2.5.1. Preparación de la materia prima

Las cáscaras de pitahaya se lavaron con agua clorada al 10% para impedir el crecimiento de microorganismos. Después de la limpieza, las cascara se caracterizaron mediante parámetros físicos y químicos.

2.5.2. Triturado y secado

Para obtener la pectina, las cáscaras de pitahaya se colocaron en recipientes de aluminio en un

deshidratador y se secaron a 55 °C durante 16 horas, según Mendoza et al. (2017) estas condiciones permiten lograr un peso constante. Una vez secas las cáscaras, se procedió a moler con el empleo de un molino manual.

2.5.3. Hidrólisis ácida para la extracción de la pectina

- Se pesó 100 g de cáscara de pitahaya seca y triturada.
- Se agregaron 25 mL de agua destilada por gramo de residuo de cascara, según lo establecido por Vera (2020).
- Se preparó agua acidificada de pH 2 con el empleo de una disolución de ácido clorhídrico 0.1 N.
- Posteriormente se mezclaron una cantidad establecida de residuo con agua acidificada.
- La mezcla se colocó en un baño de agua a 90 °C por 90 minutos con agitación permanente.
- La mezcla caliente se filtró con un lienzo.
- Después de obtener el filtrado, la disolución se enfrió a temperatura ambiente y se añadió etanol al 96%, posteriormente se agitó hasta obtener un precipitado. Se empleó la relación de 2:1 usando 2 litros de etanol al 96% por litro de solución.
- La disolución se dejó en reposo durante 12 horas.
- La pectina precipitada se filtró y se lavó con etanol al 95% y posteriormente con etanol al 75%.
- La pectina precipitada, filtrada y lavada se llevó a un recipiente de aluminio, que posteriormente se colocó en una estufa a 55°C durante aproximadamente 8 horas.
- Finalmente, la pectina seca se retiró de la estufa, se pesó y se trituró en un mortero, luego se almacenó en recipientes de vidrio hasta la realización de los análisis pertinentes.

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

En la Figura 1, se muestra un diagrama esquemático para la extracción de pectina de cáscaras de pitahaya.

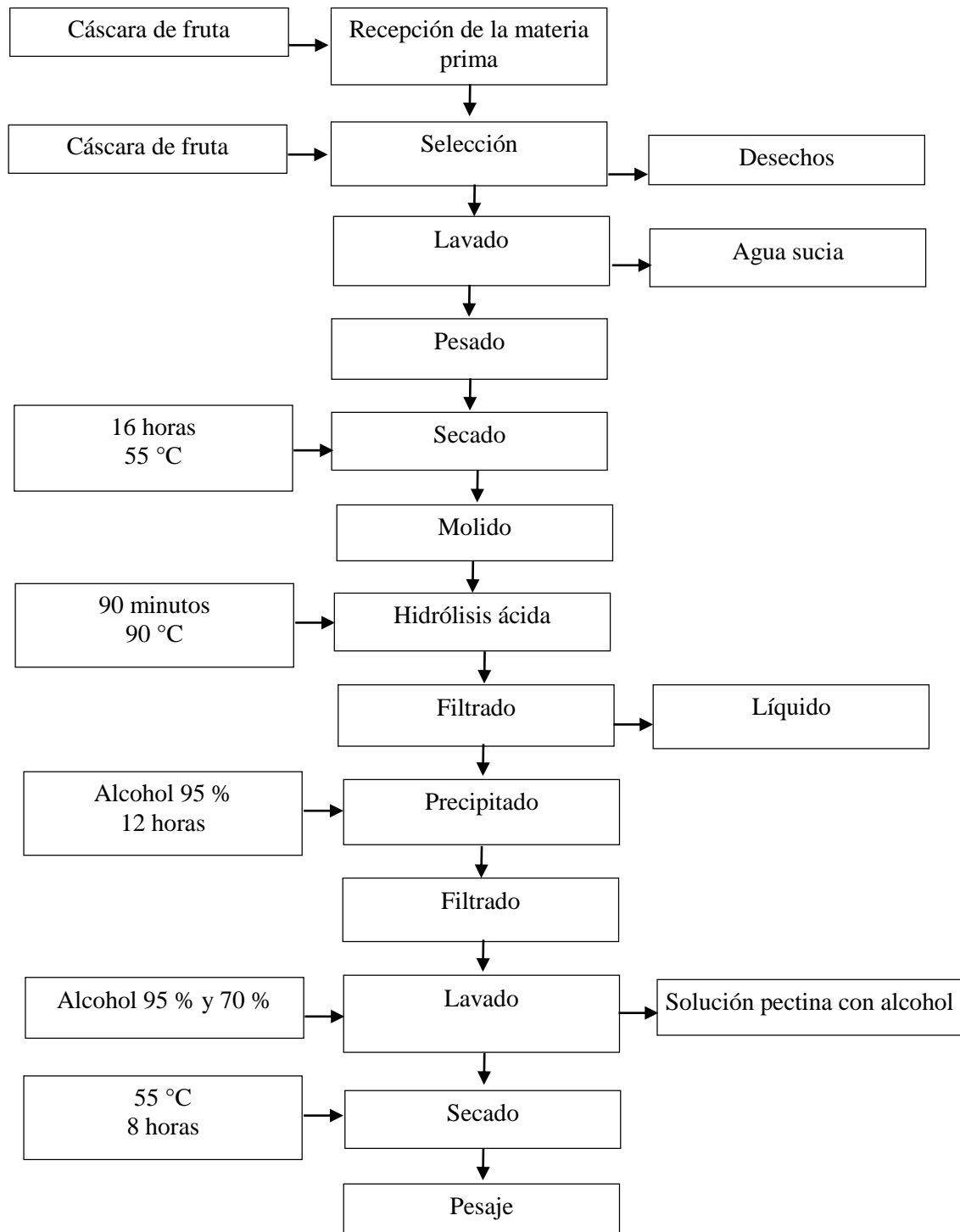


Figura 1. Diagrama esquemático

2.6 Metodología de la evaluación

2.6.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de humedad de las materias primas y del producto obtenido se realizó según el método descrito en la norma NTE INEN 245, que contempla la pérdida de peso por calentamiento, mediante el siguiente procedimiento.

Los crisoles se tararon en una estufa a 100° C por 30 minutos, donde se pesó de 1-2 g de muestra. Ya tarados los crisoles se procedió a pesar, se añadió la muestra y luego se colocó en una estufa a 100° C durante 12 horas. Después de un tiempo, se pesó la muestra y se calculó el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{m_a - m_b}{m_a - m}$$

Donde:

m = masa del crisol vacío.

m_a = masa del crisol con la muestra húmeda en g.

m_b = masa del crisol con la muestra seca.

2.6.2. Determinación del contenido de cenizas

La determinación de cenizas de cáscaras de pitahaya y producto obtenida se realizó mediante el método propuesto en la norma NTE INEN 401 para la determinación de cenizas en conservas vegetales, que consistió en calcinar la muestra en un horno de mufla a una temperatura de 600° C aproximadamente. Para calcular el contenido de cenizas, utilizó la siguiente fórmula:

$$\%Ceniza = \frac{m_c - m_a}{m_b - m_a} * 100$$

Donde,

C = Contenido de cenizas, porcentaje en masa.

m_a = Masa del crisol vacío, en gramos.

m_b = Masa del crisol con la muestra, en gramos.

m_c = Masa del crisol con las cenizas, en gramos.

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

2.6.3. Determinación de pH

El pH se realizó según el método propuesto en la norma INEN 389:1985, donde se determinaron los iones de hidrógeno (pH) en conservas vegetales. El mismo método se aplicó para las cáscaras y el producto terminado.

Se pesó 1 g de muestra y se diluyó en 9 ml de agua destilada, se homogenizó la disolución utilizando un Bortex para que el valor de pH de la muestra pueda leerse directamente mediante un potenciómetro previamente calibrado.

2.6.4. Determinación del índice de metoxilo

Según la metodología planteada por Vera (2020), se preparó una disolución de pectina utilizando 0.5 g de la muestra hidratada, 5 ml de etanol al 95% y 100 ml de agua destilada. Además, se añadió en la muestra 25 ml de una disolución de hidróxido de sodio 0.251 N, se agitó y se dejó en decantación por 30 minutos a temperatura ambiente, luego se añadió 25 ml de una disolución de ácido clorhídrico al 0.251 N, se mezcló y se colocó de 5 gotas de fenolftaleína, posteriormente se valoró con una disolución NaOH al 0.1 N hasta alcanzar un pH de 7.5 o a su vez cambie a un color rojizo. Para el cálculo se utilizó la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Metoxilo} = \frac{\text{meq } B * 31 * 100}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

Donde:

meq B = miliequivalente del hidróxido de sodio

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

peso de la muestra (g) = *componente ácido*

2.6.5. Determinación del grado de gelificación (GG)

El grado de gelificación (GG) de pectina se determinó según el método propuesto por Matute (2019), que consistió en preparar disoluciones de pectina de 0.2-1.5 g en 50 ml de agua destilada, los mismos que se colocaron en vasos de precipitación y se llevaron a ebullición, hasta que la pectina este completamente disuelta, luego se agregó 100 g de sacarosa (azúcar de mesa), posteriormente se colocó agua destilada hasta alcanzar el peso de 150 g. A continuación, se añadió ácido cítrico hasta lograr un pH de 3.2 a 3.5 o 65 a 70° Brix. Pasado las 24 horas se observó cuál es la mejor proporción de gel generado. Para el GG se utilizó la siguiente fórmula:

$$GG = \frac{\text{gramos de sacarosa}}{\text{gramos de pectina utilizada}}$$

El GG puede variar de 0 a 500, si hay 500 GG, se interpreta que 1 kg de pectina podrá gelificar 500 kg de azúcar.

2.6.6. Determinación de rendimiento

El rendimiento es uno de los parámetros más importantes en términos de productividad y rentabilidad, ya que está relacionado con los resultados obtenidos y los gastos generados. Para el cálculo del rendimiento del proceso de extracción de pectina de la cáscara de pitahaya se utilizó la siguiente ecuación:

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

2.6.7. Determinación de la rentabilidad

Para efectos del análisis económico se estimaron los costos de producción de todo el proceso productivo para la obtención de pectina y se determinó la relación costo/beneficio mediante la siguiente fórmula:

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}}$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis físicos y químicos de las cáscaras de pitahaya

El análisis de humedad evidencia diferencias significativas ($p < 0,01$) para el contenido de humedad de las cáscaras de pitahaya en relación al lugar de procedencia, mostrando el valor más bajo en la cascara procedente de Babahoyo con el 74.45% y la más alta de la zona de Palora (83.40%) (Tabla 3), lo que está relacionado a lo expuesto por Burbano et al. (2018) que el lugar de procedencia tiene efecto en el contenido de nutrientes y humedad de la fruta, debido a que los nutrientes varían según el tipo de suelo y el contenido de húmedas según la región (en el oriental es mayor que la Costa), lo que ocasiona cambios en la composición de la fruta.

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

Se observa que el contenido de humedad de las cáscaras procedentes de Santo Domingo y Babahoyo muestran valores estadísticos similares, mientras que las cáscaras procedentes de Palora presentan diferencias significativas a las obtenidas en Santo Domingo y Babahoyo. Torres et al. (2020), en su investigación encontraron un valor de humedad de 84.15% para la cáscara de pitahaya amarilla, valor similar al encontrado en este estudio.

Para la variable ceniza las cáscaras de pitahaya procedentes de Palora presentaron el valor más bajo, con el 1.41%, en contraste a las cáscaras de Santo Domingo donde se registró 1.75% de ceniza. Entre las cáscaras existe diferencia significativa ($P < 0.01$), por lo que se concluye que el lugar de procedencia afecta el contenido de compuestos inorgánicos (cenizas), lo cual concuerda con lo reportado por Márquez (2014), quien mencionó que cuanto mayor es el contenido de agua, menor es la concentración de minerales; que se evidencia en esta investigación para las cáscaras de Palora que tienen mayor contenido de humedad y menor contenido de cenizas que otros tratamientos y viceversa. Los valores de cenizas para las 3 zonas presentan similitud con lo mencionado por Bolívar (2021) y Toapanta (2018). De la misma manera los valores de pH presentaron diferencia significativa ($p < 0.01$) al efecto del lugar de procedencia, donde se obtuvo que el valor de pH de la cáscara de pitahaya de Palora es el más ácido. Hay que considerar que esta variable pudo verse influenciada por estado de madurez de cosecha de la pitahaya (Alvarado, 2014).

Tabla 3. Características físicas y químicas de las cáscaras de pitahaya procedentes de diferentes lugares de producción.

PARÁMETRO	LUGARES DE PRODUCCIÓN			PROBABILIDAD	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo		
Humedad (%)	83.43 a	74.67 b	74.47 b	<0.0001	1.71
Cenizas (%)	1.44 b	1.76 a	1.45 b	0.0014	7.77
pH	5.78 b	6.11 a	6.14 a	<0.0001	1.36

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)
CV: coeficiente de variación

3.2. Análisis físicos y químicos de la pectina obtenida

Los resultados del porcentaje de humedad de la pectina extraída de las cáscaras de pitahaya no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en función al lugar de procedencia, los valores del contenido de pectina variaron entre 10.21 y 11.09%, que correspondieron a las pectinas extraídas de las cáscaras de pitahaya procedentes de Babahoyo y Palora respectivamente, cabe

mencionar que las extracciones de las pectinas se realizaron bajo las mismas condiciones. Según García et al. (2014) detalló que, para productos con características parecidas, la humedad es semejante, cuando se empleen las mismas condiciones (temperatura de secado y tiempo), lo cual coincide con lo realizado en esta investigación. Muñoz (2014) extrajo pectina del endocarpo de pitahaya amarilla obteniendo 10.93% de humedad, además Vera (2020) encontró 10.92% de humedad en pectina de pitahaya roja, valores similares los obtenidos en esta investigación. Los valores de humedad de la pectina 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), donde se detalla una humedad máxima de pectinas del 12% (Franco, 2022).

Los contenidos de ceniza de las pectinas extraídas de las cáscaras de pitahaya, presentaron diferencia estadística significativa ($P < 0.01$) por efecto del lugar de procedencia, observándose que la pectina procedente de las cáscaras de pitahaya de Babahoyo obtuvo 2.62% de cenizas, en contraste a la pectina obtenida de las cáscaras de las pitahayas de Santo Domingo que fue de 5.76%, encontrándose diferencias notables; demostrándose que el lugar de procedencia de las cáscaras de pitahaya influyen directamente en el contenido de cenizas de la pectina. Según Vargas (2019) las pectinas con bajo contenido de cenizas son más puras y consideradas de mejor calidad. Los resultados fueron comparados con reportes de otras investigaciones que utilizaron diferentes tipos de frutas, donde Franco (2022) detalla que la pectina obtenida del pepino alcanza un contenido de 11.16% de cenizas, además Vera (2020) reporto un contenido de 9.22% ceniza al investigar la pectina extraída de pitahaya roja. Los valores obtenidos están dentro de las especificaciones señaladas por la FCC (1981), donde se detalla que las pectinas comerciales no deben superar el 10% de ceniza.

Tabla 4. Características físicas de la pectina extraída de las cáscaras de pitahaya de diferentes lugares de producción.

PARÁMETRO	LUGARES DE PRODUCCIÓN			PROBABILIDAD	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo		
Humedad (%)	11.09 a	10.77 a	10.21 a	0.1217	5.72
Cenizas (%)	4.13 b	5.76 a	2.62 c	<0.0001	5.40

Nota. Letras diferentes presentan diferencia significativa ($p > 0.05$)

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

Los valores de pH de pectina de cáscaras de pitahaya muestran diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) según el lugar de procedencia, los valores oscilan entre 4.31 y 4.45, que corresponden a pectinas obtenidas de las cascaras de pitahaya de Babahoyo y Santo Domingo, respectivamente, mostrando un comportamiento ácido. Según Ramírez (2019) el valor del pH de la pectina suele ser menor, debido a los ácidos (ácidos cítrico y nítrico) utilizados para la precipitación, concentración e hidrólisis del proceso, que llegan a formar parte del producto final. En el mismo estudio se evaluó la pectina de zanahoria que registró valores de pH entre 2.99 y 3.25, contrario al trabajo de Muñoz (2014) que obtuvo valores de pH 4.03 y 4.83 para la pectina de pitahaya roja, similares a los resultados obtenidos en este estudio.

Para la variable índice de metoxilo de las pectinas de cáscaras de pitahaya muestran diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) según el lugar de procedencia, lo que indica que los lugares de producción afectan la presencia de grupos metoxilo en las cáscaras de pitajaya. El menor valor de 8.93% se encontró en la pectina procedente de las cascaras de pitajaya de Babahoyo y mayor valor de la pectina de las cáscaras de Palora con 10.77%. Estas pectinas son consideradas como altas en metoxilo debido a que superan el 7% (Vargas, 2019). Vargas (2019) en su investigación en pectina de pitahaya roja reportó valores entre 8.88 a 11.95% de metoxilo, valores que se asemejan a los obtenidos en la investigación, por otro lado Ramírez (2019) en su trabajo utilizó zanahoria para extracción de pectina donde determinó que esta contenía entre 1.01 y 1.02% de metoxilo, siendo estos últimos valores inferiores a los encontrados en esta investigación, concluyéndose que el índice de metoxilo de las pectina varían dependiendo del tipo de fruto y la calidad de las mismas, que está directamente vinculada con el manejo del cultivo, etapa de cosecha, ambiente, tipo de suelo y otras características que afectan su composición (FAO, 2015). De la misma manera los resultados del grado de gelificación (GG) de las pectinas extraídas de las cáscaras de pitahaya, presentan diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) en efecto de los lugares de procedencia, encontrándose valores de 97.38 GG a la pectina obtenida de Babahoyo y 98.84 GG a la pectina de las cáscaras de Palora. Matute (2019), especifica que el GG de las pectinas está directamente relacionada al contenido de metoxilo, mientras superior sea el contenido de metoxilo superior va a ser el GG, obteniéndose en esta investigación que el tratamiento PA contiene el valor más elevado de metoxilo y también el valor más elevado de gelificación.

Según Rea (2014) la cantidad de pectina que se emplea varía según su el GG ya que una pectina con 200 GG, establece que 1 kg de esta pectina va gelificar 200 kg de azúcar, es decir que

mientras más alta sea el GG, presentara mejores características de gelificación las pectinas. Matute (2019) en su estudio evaluó la pectina obtenida de cáscaras de chirimoya donde reportó un valor de 96 de GG al utilizar 1.0 g de pectina.

Tabla 5. Características químicas de la pectina extraída de las cáscaras de pitahaya de diferentes lugares de producción.

PARÁMETRO	LUGARES DE PRODUCCIÓN			PROBABILIDAD	CV
	Palora	Santo Domingo	Babahoyo		
pH	4.35 a	4.45 ab	4.31 b	0.0093	1.39
Índice de metoxilo (%)	10.77 a	10.15 b	8.93 c	<0.0001	3.30
Grado de gelificación (%)	98.84 a	97.42 c	97.38 b	<0.0001	0.22

Nota. Letras diferentes presentan diferencia significativa ($p > 0.05$)

3.3. Rendimiento del proceso de extracción de la pectina

El análisis estadístico de los rendimientos del proceso de extracción de pectina no encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) con efecto en los lugares de procedencia, los rendimientos oscilaron entre 7.57% y 9.25%, donde existe una ligera superioridad de la pectina obtenida de la cascara de pitahaya de Santo Domingo (9.25%) con relación a la de Palora (8.06%) y Babahoyo (7.57%). Vera (2020) reportó en su estudio que el rendimiento de pectina de pitahaya roja osciló entre 7.28% y 8.57%, y de manera similar, Muñoz (2014) reportó 7.23% cuando analizó el desempeño del proceso de extracción de pectina de pitahaya roja, resultado parecido al obtenido en este estudio.

3.4. Análisis económico del proceso de obtención de pectina

Costos de producción

Al obtener los costos de producción, se determinó que el menor costo para producir un kilogramo de pectina era al utilizar cáscaras de pitahaya proveniente de Santo Domingo con un costo de 20.93 dólares, mientras que con las cáscaras de pitahaya de Palora costaban 26.80 dólares y con cáscaras de Babahoyo cuestan 24.51 dólares el kilogramo. La diferencia puede depender de la variación de sus propiedades físicas, químicas y del rendimiento del proceso.

Beneficio/costo (B/C)

Tomando en cuenta el total de ingresos y egresos, se determinó el beneficio/costo, obteniéndose que al comercializar la pectina extraídas de las cáscaras de pitahayas de Santo Domingo se

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

tiene un B/C de 1.43, que representa que por cada dólar invertido se conseguiría una rentabilidad del 43%; que es mayor a la pectina obtenida con las cáscaras de Babahoyo que obtuvo una rentabilidad del 22% (B/C de 1.22) y más aun con las cáscaras provenientes de Palora cuya rentabilidad es de apenas el 11% (B/C de 1.11), por lo que se podría mostrar que para lograr una elevada rentabilidad se debería obtener pectina de las cáscaras de pitahaya procedentes de Santo Domingo, ya que también se cumple con los requisitos establecidos 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 6. Evaluación económica de la pectina de cáscaras de pitahaya de distintos lugares de producción.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	LUGARES DE PRODUCCIÓN		
			Palora	Santo Domingo	Babahoyo
Cáscara 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 95%	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 (USD)			2.01	2.01	2.01
Cantidad de producto			0.075	0.096	0.082
Costo de producción por kg de pectina (USD)			26.80	20.93	24.51
Precio de venta (USD)			30.00	30.00	30.00
Total ingresos (USD)			2.25	2.88	2.46
Beneficio/Costo			1.11	1.43	1.22

4. CONCLUSIONES

La caracterización de la cascara de pitahaya reveló un contenido de humedad de 77.52%, un contenido de cenizas de 1.55% y un pH de 6.01, con ligeras variaciones según el lugar de procedencia. La pectina con mayor índice de metoxilo (10.77%) y grado de gelificación (98.84%) es la pectina obtenida de las cáscaras pitahaya provenientes de Palora, y la pectina de menor calidad se obtiene de Babahoyo. En base al rendimiento, la pectina que mejor respuesta mostró la obtenida de la cáscara de Santo Domingo (9.25%), resultando un costo de producción de 20.93 dólares por kilogramo y una ventaja económica del 43% (B/C 1.43).

5. REFERENCIAS

- Almeida Echeverría, C. (2017). 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]. Repositorio de la Universidad Internacional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2715/1/TESIS%20FINALPDF.pdf>
- Bolívar, G. (2021). Determinación de cenizas: métodos y ejemplos. Lifereder. <https://www.lifereder.com/determinacion-de-cenizas/>
- Burbano, R., Buitrón L., Valverde, L., Ruiz, C., Cruz, J., & Vargas, Y. (2018). Evaluación de las características fisicoquímicas de Pitahaya Amarilla (*Hylocereus megalanthus* Haw.) durante su desarrollo. INIAP Estación Experimental Central de la Amazonía. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5420/1/Evaluación%20de%20las%20Características%20Fisico-químicas%20de%20Pitahaya%20Amarilla.pdf>
- Cabarcas Henao, E., Guerra Benedetti, A. F., & Henao Balseiro, C. A. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción [Trabajo de grado, Universidad de Cartagena]. Repositorio Universidad de Cartagena. <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/109/Trabajo%20de%20grado-Extraccion%20y%20caracterizacion%20de%20pectina%20a%20partir%20de%20cascaras%20de%20platanos%20para%20desarrollar%20un%20diseño%20general-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cruz, J. A. M., Rodríguez-Larramendi, L., Ortiz-Pérez, R., Fonseca-Flores, M. D. L. Á., Herrera, G. R., & Guevara-Hernández, F. (2015). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): un recurso fitogenético con historia y futuro para el trópico seco mexicano. *Cultivos tropicales*, 36, 67-76.
- Ecuador Exporta. (2021). Finca Procel, la pitahaya es nuestra pasión. Ecuador Exporta. <https://ecuadorxporta.com/exportacion/finca-procel-la-pitahaya-es-nuestra-pasion/>
- Fao. (2015). Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables [Blog]. FAO. <https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/es/c/277721/>

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)

- Franco Carvache, I. M. (2022). 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]. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FRANCO%20CARVACHE%20IVONNE%20MAOLY.pdf>
- García Perreira, A., Muñoz Becerá, S., Hernández Gómez, A., Mario González, L., & Fernández Valdés, D. (2013). Análisis comparativo de la cinética de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente de la piña (*Ananas Comosus*, variedad Cayena lisa). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(1). ISSN -1010-2760, RNPS-0111. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v22n1/rcta11113.pdf>
- INEN 265. (Año de publicación no proporcionado). Azúcar. Determinación de la humedad.
- INEN 389. (Año de publicación no proporcionado). Conservas vegetales. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH).
- INEN 401:2013. (2013). Conservas vegetales. Determinación de cenizas (1st ed.). Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Mantilla Mantilla, M. R. (2020). Caracterización de pectina extraída a partir de residuos de fruta (Proyecto de Grado, Universidad de los Andes). Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/49095/u833818.pdf?sequence=1>
- Matute Machado, T. B. (2019). Evaluación de la pectina extraída de la cáscara de chirimoya (*Annona cherimola*) determinando su capacidad de modificador reológico (Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18451/1/UPS-CT008702.pdf>
- Montes, Y. L., & Bautista, R. R. (2020). Valorización de residuos de cáscara de pitahaya: obtención de compuestos bioactivos con valor agregado. *Ciencias Agropecuarias*, 34.
- Montalvo, J. E. O., Prieto, A. C., & Rivera, E. D. J. R. (2023). La pitahaya (*Hylocereus* spp.) como alimento funcional: fuente de nutrientes y fitoquímicos. *Milenaria, Ciencia y arte*, (21), 5-8.
- Muñoz Quintana, M. E. (2014). Extracción de pectina del exocarpo y endocarpo de la pitahaya (*Hylocereus triangularis*) para uso agroindustrial (Tesis de grado, Universidad Técnica de Quevedo). Universidad Técnica de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/254/1/T-UTEQ-0012.pdf>
- Ovies, M. (2021). Pitahaya, la fruta del dragón y sus beneficios [Blog]. Redacción. <https://merida.anahuac.mx/noticias/pitahaya-fruta-del-dragon-beneficios>
- Pérez-Loredo, M. G., Jesús, H. D., & Barragán-Huerta, B. E. (2017). Extracción de compuestos bioactivos de pitaya roja (*Stenocereus stellatus*) aplicando pretratamientos con microondas, ultrasonido y enzimáticos. *Agrociencia*, 51(2), 135-151.
- Ramírez Quispe, C. X. (2019). 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]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13098/1/96T00551.pdf>
- Rea Jara, L. C. (2014). 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]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9814/1/84T00306.pdf>
- Rodríguez, L. R. V., Cedeño, D. G. S., Carranza, J. C., & Dueñas-Rivadeneira, A. A. (2023). Uso de

- extractos del tallo de Pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en el tratamiento de aguas residuales sanitarias. *Afinidad*, 80(598), 88-93.
- Sánchez Romero, S. (2020). Caracterización fisicoquímica y estudio reológico del mucílago de la cáscara de pitahaya (*Hylocereus* spp).
- Santana, K. D., Velin, A. A. Z., Quijano, K. L. V., & Pereira, L. B. S. (2020). Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya, Cantón Palora, Ecuador. *TecnoLógicas*, 23(49), 113-128.
- Toapanta, E., Vallejo Abarca, S., García, M., & Caluña Sánchez, E. (2019). Diseño de un proceso para la obtención de pectina en medio ácido a partir de cáscara de papa (*Solanum tuberosum*). *Ciencia Digital*, 3(2,6), 115-126. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/CienciaDigital/article/view/522/1264>
- Torres Valenzuela, L., Serna Jiménez, L., Pinto, V., & Vargas, D. (2020). Evaluación de condiciones de extracción asistida por ultrasonido de compuestos bioactivos de cáscara de pitahaya amarilla. Colombia: Scielo, 17(1). ISSN 1794-4449. <http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v17n1/1794-4449-rlsi-17-01-70.pdf>
- Vargas Gutiérrez, K. A., & López Montañez, R. N. (2020). Guía Técnica del cultivo de pitahaya (*Hylocereus megalanthus*) en la región Amazonas.
- Vargas Calva, F. I. (2019). Extracción de pectina a partir de las cáscaras de dos variedades de pitahayas [Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador]. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19812/1/T-UCE-0008-CQU-177.pdf>
- Vázquez, C. S., Vázquez, V. S., & Espinosa, V. M. H. (2020). Agroindustrialización de pitaya. Editorial Universitaria (Cuba).
- Vera González, G. E. (2020). Evaluación de la influencia del pH para la extracción de la cáscara de pectina en la cáscara de pitahaya (*Selenicereus undatus* (Haw) D.R Hunt) [Trabajo de titulación, Universidad Estatal Amazónica]. Universidad Estatal Amazónica. <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. M. (2020). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): Cultivo, características fisicoquímicas, composición nutricional y compuestos bioactivos. *Scientia Agropecuaria*, 11(3), 439-453.

Artículo científico: Caracterización de pectina obtenida a partir de cáscaras de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*)

Publicación Semestral. Vol. 3, No. 1, enero-junio 2024, Ecuador (p. 1-19)