

LA CÁSCARA DE CACAO COMO POSIBLE FUENTE COMERCIAL DE PECTINAS

COCOA SHELL AS A POSSIBLE COMMERCIAL SOURCE OF PECTINS

Luis Humberto Vásquez Cortez¹, Denisse Margoth Zambrano Muñoz², Julissa Estephanie Paredes Garzón³, Jonathan Joshua Poma Velasco⁴

{lvasquez7265@utm.edu.ec¹, dzambranom@uteq.edu.ec², julespg99@gmail.com³, jonathan.poma70@hotmail.com⁴}

Fecha de recepción: 28 de octubre de 2023 / Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2023 / Fecha de publicación: 31 de diciembre de 2023

RESUMEN: La explotación comercial del cacao (*Theobroma cacao* L.) genera un volumen de cáscaras que pudiera utilizarse para la producción de pectinas a nivel industrial. Por tal razón, se extrajeron pectinas de la cáscara de cacao a diferentes condiciones de pH y temperatura y se evaluaron sus principales características químicas. En el beneficio del cacao solo es aprovechable el grano o semilla, mientras que la cáscara o mazorca es descartada y se convierte en el mayor residuo del proceso, para ello cuyo objetivo es diagnosticar si la pectina extraída de la cascara de cacao mediante procesos de laboratorio como el método de hidrólisis ácida, podría ser comercializada, ya que en ella se extrae cantidades de volumen altas, para determinar su aceptabilidad se empleó una entrevista el cual permitió reconocer mediante la opinión de los agricultores los beneficios y usos de la pectina. Las pectinas de cáscaras de cacao presentan potencial aplicación en la industria de alimentos, pero es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar su rendimiento.

Palabras clave: *Theobroma cacao* L., pectina, hidrólisis ácida, cacao nacional, entrevista

ABSTRACT: The commercial exploitation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) generates a volume of shells that could be used for the production of pectins at an industrial level. For this reason, pectins were extracted from the cocoa shell at different pH and temperature conditions and their main chemical characteristics were evaluated. In the benefit of cocoa, only the grain or seed is usable, while the shell or pod is discarded and becomes the largest residue of the process, for which the objective is to detect if the pectin extracted from the cocoa shell through laboratory processes As the acid hydrolysis method, it could be commercialized, since high volume quantities are extracted from it, to determine its acceptability an interview was used,

¹Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad del Cuyo Argentina, <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo (facultad de ciencias de la industria y producción), <https://orcid.org/0000-0002-2168-2130>

³Investigador independiente, <https://orcid.org/0009-0009-5857-9514>

⁴Investigador independiente, <https://orcid.org/0009-0007-0817-0986>

which recognized the benefits and uses of pectin through the opinion of farmers. Cocoa shell pectins have potential for application in the food industry, but it is necessary to optimize the extraction parameters to increase their performance.

Keywords: *Theobroma cacao L., pectin, acid hydrolysis, national cocoa and interview*

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los productos agroalimentarios de origen neotropical de mayor penetración en el mercado internacional y sus exportaciones en grano han representado más de 71% de volumen producido, situación derivada del alto valor agregado promocionado por la industria del chocolate y sus derivados. En la explotación cacaotera solo se aprovecha económicamente la semilla, que representa aproximadamente un 10% del peso del fruto fresco.

Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales tales como la aparición de olores fétidos y el deterioro del paisaje, así como también problemas de disposición. La pectina es un polisacárido con características hidrocoloidales, gelificantes y estabilizantes, usada ampliamente en la elaboración de productos cosméticos, alimenticios, farmacéuticos, entre otros (Balseca, Issuu, et al 2007). Las pectinas se usan en la industria alimentaria como gelificantes, espesantes, texturizantes, emulsificantes y estabilizantes, como sustitutos de grasa en alimentos de bajo aporte calórico y su aplicación más común es en la manufactura de mermeladas y jaleas (1).

Considerando su importancia y aplicación industrial se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la cascarilla de cacao nacional (*Theobroma cacao* Linneo), como fuente de este polímero natural y las condiciones determinantes en su proceso de extracción (2). Los desechos generados están constituidos en su mayoría por la cáscara, que además se considera un foco para la propagación de *Phytophthora* spp, causa principal de pérdidas económicas de la actividad cacaotera (3).

En la actualidad el sector agrícola ha crecido de manera sostenible con productos primarios como el café, cacao, banano, plátano, y algunos árboles frutales; al cosechar estos productos se genera gran cantidad de desechos agrícolas que no son aprovechados; uno de los cultivos con mayor cantidad de desechos producidos, es la cascara de cacao luego de ser extraídas las almendras, las cáscaras se dejan entre los mismos cultivos atrayendo plagas y enfermedades que afectan gravemente la producción (4).

En el beneficio del cacao solo es aprovechable el grano o semilla, mientras que la cáscara o mazorca es descartada y se convierte en el mayor residuo del proceso, lo cual es relevante ya que la cáscara representa entre el 74% y el 76% del peso del fruto de cacao (5). Esto implica la producción de toneladas de residuos orgánicos que actualmente son aprovechados principalmente como abono en los cultivos; sin embargo, la degradación de la cáscara es lenta por lo que no es un fertilizante muy efectivo, además esta es un vector para las enfermedades

causadas por *Phytophthora* spp. y *Monilophora roreri*, las cuales causan importantes pérdidas económicas al sector cacaotero(6).

Esta multifuncionalidad de la pectina es atribuida a la presencia de regiones polares y apolares dentro de su molécula, lo que permite incorporarla a diferentes sistemas alimenticios (7). Las pectinas se usan en combinación con lípidos en la elaboración de películas comestibles de doble capa y emulsionadas; en la industria farmacéutica se aprovecha el uso terapéutico de la pectina como constituyente de la fibra dietaria. Otra problemática asociada a las prácticas de manejo de los residuos del cacao es que la cáscara vacía en temporadas lluviosas sirve como depósitos de agua que facilitan la incubación de huevos del mosquito *Aedes aegypti*, el cual está asociado a la transmisión de enfermedades como el dengue (8).

Las pectinas comerciales se obtienen principalmente de la cáscara de cítricos y bagazo de manzana. Sin embargo, se ha intentado la búsqueda de otras fuentes comerciales de pectina con el objeto de cubrir parcialmente la creciente demanda en el mercado. Fontes extrajo pectinas del endocarpio de cacao con un rendimiento de 8,0% en base seca (9). Las cáscaras representan el 90% del fruto y son el principal producto de residuo de la industria cacaotera, por tanto, representa un grave problema. Este residuo se convierte en una fuente de manera significativa de varias enfermedades como aplicando el contenido de abono en las plantaciones (10).

Entre los posibles usos de la corteza del fruto de cacao, se destaca la extracción de pectina, una sustancia importante en la producción de alimentos como salsas, mermeladas, jaleas y bebidas por sus propiedades gelificantes (11).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se encuentra enmarcada dentro del tipo exploratorio, debido a que la extracción de la pectina de las cáscaras de cacao Nacional es un tema poco explotado en la región Amazónica. La investigación se realizó en General farfán, Sucumbíos, Ecuador, la misma cuenta con 6769 habitantes, por lo que la muestra se tomó en función a 95 personas cultivadoras del cacao.

Se tomó una muestra de cáscaras de cacao Nacional, las cuales habían sido descartadas tras realizar el proceso de despulpado del cacao, una semana antes de la selección, por lo que se escogieron las cáscaras directamente del sitio destinado a la disposición de estos residuos dentro de la finca. Las mazorcas de cacao fueron cortadas transversalmente en dos mitades y se separaron manualmente las semillas de la cáscara.

Las cáscaras de cacao fueron puestas en inactivación enzimática para remover o eliminar los contaminantes que pueden afectar el proceso de extracción de pectina. Posteriormente, fueron secadas en un horno eléctrico a temperatura de 65°C durante 34 horas para luego llevarlas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la ESPOCH en donde se realizaron los

respectivos ensayos. Se utilizó un molino eléctrico para triturar las cáscaras deshidratadas hasta obtener un tamaño de partícula de 420 µm (Malla 40) para facilitar la hidrólisis. Las muestras se almacenaron en un desecador hasta su uso.

Población y muestra Población: La población son los Agricultores de la Parroquia “General Farfán” que son propietarios del lugar que realizan actividades agrícolas. Muestra: El muestreo es el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinadas características en la totalidad de una población, a partir de la observación de una parte o subconjunto de la población, denominada muestra. El muestreo, siempre y cuando sea representativo, tiene múltiples ventajas de tipo económico y práctico, ya que, en lugar de investigar el total de la población, se investiga una parte de ella, además de que proporciona los datos en forma más oportuna, eficiente y exacta, debido a que al encuestar toda la población o efectuar un censo puede ocasionar fatiga y prácticas que tiendan a distorsionar la información. La representatividad de la muestra implica que ésta refleje las características, similitudes y diferencias encontradas en la población objetivo que para nuestro caso son los agricultores del cacao. Para hallar la muestra se empleó la siguiente ecuación:

$$1. n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra

N= Tamaño de la población

Z= Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado

q= (1-p)= Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e= Error de estimación máximo aceptado

Para el cálculo de nuestros compradores potenciales los cuales son la población de la parroquia “General Farfán” existen

45 propietarios la muestra arroja el siguiente resultado:

$$n = \frac{45 * 1.96^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (45 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 40$$

La muestra de población de los productores de cacao es de 40 propietarios. Técnicas o instrumentos para utilizar: Se procede a realizar entrevista como elemento de consulta primaria que satisfaga la intención por la cual es planteada a través de preguntas cerradas que permitan medir de una forma acertada las respuestas. La intención de esta técnica es conocer la posible aceptación y el interés que tengan los agricultores sobre el producto. Al momento de diseñar la

entrevista tenemos claro que no se debe caer en las preguntas inducidas en que los encuestados respondan lo que queremos escuchar.

De acuerdo con los resultados obtenidos de la muestra que fueron 40, se aplicó la entrevista como muestra representativa a 20 personas que trabajan en el lugar. También se recurrió a la investigación documental, el cual nos suministran información de los antecedentes de proyectos similares en otros contextos que han servido para conocer mejor el producto, así como el contexto sociocultural que nos rodea. Donde se referirá a diferentes agricultores para dar a conocimiento del polisacárido y con ello así, que comiencen a utilizar toda la fruta y sus derivados para fomentar mucho más y tener buenos ingresos comerciales mediante la utilización del polisacárido que se utiliza para hacer mermeladas y entre otros usos.

Se aplicó el método cualitativo ya que se pretende buscar causas de la cáscara de cacao en el ambiente, y con ello implementar la extracción del polisacárido como es la pectina, para así obtener un buen uso de ella e innovar a los agricultores de este producto (cacao) a la recolecta y utilización de los derivados de mencionada fruta. El instrumento para utilizar será la entrevista ya que es un documento formado por un conjunto de preguntas que estarán redactadas de forma coherente, y organizadas, secuenciadas y estructuradas, de acuerdo con una determinada planificación, con el fin de obtener información sobre la pectina en los productores de cacao y que sus respuestas nos puedan ofrecer toda la información necesaria. Para obtener la satisfacción de este polisacárido y con ello utilizarlo como fuente comercial.

Extracción de pectinas

Se extrajo pectina de cáscara de cacao a pH 2 y 4 a temperaturas de 60 y 75°C, Se utilizó el método de Hidrolisis ácida: 20 g de cáscara de cacao deshidratada y molida fueron colocadas por separado en vasos de precipitado de 500 mL y se mezclaron con 250 mL de ácido cítrico con un pH de 2 y 4 respectivamente y se calentó 70 min en un vibrador magnético a una temperatura de 85°C. Se enfrió rápidamente la dispersión hasta temperatura ambiente y se filtró dos veces en tela de liencillo. Luego se agregó alcohol al 96% para hacer la respectiva precipitación, separando así la pectina de la solución. Los sólidos de cada dispersión fueron unidos y colocados en un vaso de precipitado de 1000 mL, se dispersaron con 600 mL de agua destilada para posteriormente ajustar el pH y repetir el proceso de extracción. Todos los extractos se unificaron y se centrifugaron a 2700 g durante 15 min para separar sólidos en suspensión.

El precipitado se prensó manualmente utilizando un guante de goma y se colocó en una cápsula de vidrio sometiéndose a secado en una estufa convencional a 40°C hasta peso constante. La pectina extraída se llevó a granulometría de 40 mesh utilizando un micromolino. La extracción se realizó por triplicado. Se estimó el rendimiento de extracción como la relación entre el peso de la pectina extraída y el peso inicial de la cáscara seca (12).

Tabla 1: Tratamientos para hidrólisis ácida

Tratamientos	Tipo de ácido	Descripción
T1	Ácido cítrico	(pH 2) (70 min.)
T2	Ácido cítrico	(pH 4) (90 min.)

Análisis de la pectina de cáscara de cacao: A la pectina extraída de cada tratamiento se le determinó el rendimiento acidez libre, contenido de ácido galacturónico (AGA), contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente. La acidez libre es el inverso del peso equivalente, estas propiedades se cuantificaron mediante la titulación con NaOH 0,1 mol/L y se calcularon relacionando el peso de la muestra y los miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación (13)

$$2. \text{ peso equivalente} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq A(NaOH)}}$$

Dónde:

Meq A (NaOH) = meq de NaOH utilizados en la titulación. Componente ácido = mg de pectina

$$3. \text{ acidez libre} = \frac{\text{meq A(NaOH)}}{\text{mg componente ácido}}$$

El % de metoxilo se determinó con la solución empleada para la definición del peso equivalente y acidez a la cual se agregó hidróxido de sodio 0,25mol/L para desesterificar la pectina. Luego se neutralizó la solución con ácido clorhídrico 0,25mol/L y se tituló con hidróxido de sodio 0,1mol/L hasta el cambio de color a rojo, y se calculó por medio de la siguiente ecuación:

$$4. \% \text{ Metoxilo} = \frac{\text{meq B} \cdot 31}{\text{mg componente ácido}} \cdot 100$$

Dónde:

$$\frac{\text{meq B} \cdot 31 \cdot 100}{\text{mg componente ácido}}$$

Dónde:

31= peso molecular del metóxido

(CH₃O) expresado en mg/meq. meq B = meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido = peso de la muestra (mg)

El porcentaje de metoxilo indica la proporción de unidades de ácido anhidro galacturónico (AGA) cuyos grupos carboxilos han sido esterificados por metanol (14). El grado de esterificación se midió relacionando los meq B gastados en la titulación de determinación del porcentaje de metoxilación y la suma del total de los meq A gastados en la titulación de determinación del peso equivalente y meq B; se empleó para su cálculo la siguiente ecuación:

$$5. \%Esterificacion = \frac{meq B}{meq A+meq B}$$

El % de ácido galacturónico está altamente relacionado con la pureza de la sustancia péctica (15). La determinación de la acidez libre y de las unidades metiladas se relaciona mediante la siguiente ecuación:

$$6. \%acido\ galacturonico = \frac{176*100-(meq A+meq B)}{mg\ componente\ acido}$$

Dónde:

176 = peso molecular del ácido anhídrido galacturónico expresado en mg/meq.

meq A = miliequivalentes utilizados en la primera titulación con NaOH 0,1 mol/L.

meq B = miliequivalentes utilizados de NaOH 0,1 mol/L en la segunda titulación para determinar el contenido de metoxilo.

Componente ácido = peso de la muestra (mg).

Los rendimientos reportados fueron calculados en base seca y se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$7. Rendimiento = \frac{gr\ de\ pectina\ obtenidos \times 100}{gr\ de\ cascara\ de\ cacao}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar si la pectina tiene una aceptabilidad y es usada por los productores de cacao se realizó una breve entrevista la cual los entrevistados respondieron a lo siguiente:

A la pregunta 1 y 2, los entrevistados respondieron:

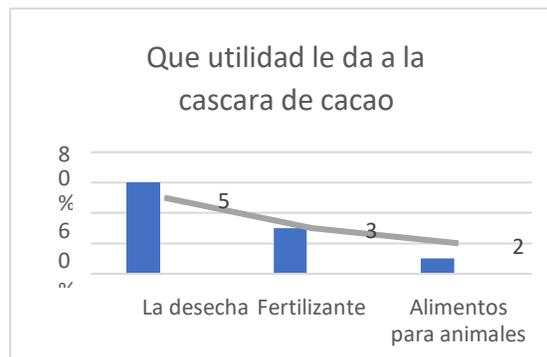


Ilustración 1: Que hacen con la cáscara de cacao

De la población entrevistada, encontramos que el 60% es decir casi la mayoría no utiliza la cascara del cacao la desecha mientras que el 30% y 10% la utiliza para su favor como es en fertilizantes y alimentos para animales. Y a su vez el 50% están de acuerdo en darle un buen a la cascara del cacao y no dejarla en putrefacción.

A las preguntas 5, 6, 7, 8 y 9, los entrevistados respondieron.

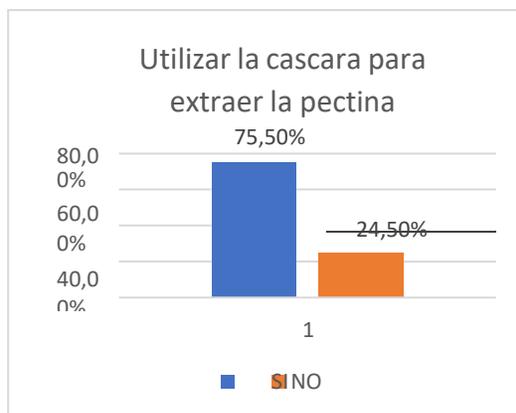


Ilustración 2: Utilizar la cascara para extraer pectina

De la población entrevistada el 75,5% si tiene conocimiento sobre la pectina, que la contiene la cascara de cacao, y opta por extraer y por su alto contenido metoxilo y gelificante, que se utiliza como aditivo y como fuente de fibra dietética. Ya que con los geles que produce se puede utilizar para crear o modificar la textura de jaleas, mermeladas, etc.

Tabla 2: Resultados de la caracterización físicoquímica de la pectina

Tratamiento	%Rendimiento	%Acidez libre	Peso equiv	%Metoxilo	%Esterificación	%Ac. Galacturónico
T1	30	0.012	400	35.13	0.33	0.74
T2	31.25	0.0038	125	58.83	0.71	1.5

La pectina obtenida de la cáscara del cacao de, es de alto metoxilo ya que su grado de esterificación se encuentra entre 53,13% y 58,83%, lo que determina que está en la capacidad de formar geles en presencia de azúcar y ácido, su aplicación se orienta principalmente a la elaboración de mermeladas y jaleas. En ese sentido el rendimiento de las pectinas se ve influenciado por la cantidad de solución de hidrólisis y la cantidad de alcohol utilizado en la precipitación; si el alcohol no es suficiente solo se precipita una parte de la solución y el rendimiento se reduce.

El rendimiento del proceso de extracción de pectinas de cáscaras de cacao bajo dos tratamientos diferentes se presenta en la tabla 2, se observan variaciones entre 30 y 31.25. Aceptabilidad de una mermelada elaborada con pectina de cáscara de cacao. De la prueba de aceptabilidad de la mermelada de piña preparada con la pectina de cáscara de cacao considerada de mejor calidad (pH = 4,0 y T = 90 °C) se observó que el promedio del puntaje se ubicó en 6,27, lo que corresponde al nivel de agrado “Me gusta moderadamente”. Ello indica, que con la pectina extraída de cáscaras de cacao es posible fabricar productos como mermeladas y jaleas que podrían competir en el mercado nacional. Las observaciones realizadas sobre el color de la mermelada de piña preparada con la pectina de cáscara de cacao fueron en general calificadas como de “buen color”, lo que confirma que las pectinas obtenidas de la cáscara de cacao se pueden usar en aquellos productos con tonalidades oscuras, para así enmascarar su coloración parda sin que se afecte la calidad del producto final.

Las investigaciones realizadas por (16) y (17) que, para la obtención de pectina a partir de la cáscara de cacao, se utilizan cáscaras picadas en el proceso de extracción. Sin embargo, la información sobre el efecto de los métodos de procesamiento en el rendimiento y la calidad de la pectina utilizando la cáscara de cacao deshidratada y molida, expresaron que la extracción de pectinas por hidrólisis ácida se lleva a cabo a temperaturas cerca de los 80°C. Las pectinas consecutivamente se extraen y separan de los desechos de diversos frutos mediante acidificación; se realiza usando ácidos como: el cítrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico o sulfúrico; después de concentrarlas, se precipitaron con la adición de alcohol, se seca, se granula y por último se tamiza.

Mientras que (18), describieron que en la técnica de extracción enzimática realizado a escala de laboratorio, mencionan que por cada 200 g de material vegetal; de acuerdo a la ficha técnica de aplicación del fabricante, se utiliza un rango de 0,2 a 1 kg, por cada tonelada de materia prima, por lo que, se calcula para 200 g de cáscara de cacao, a una temperatura de entre 40 y 50°C y pH de 5. Los tiempos de extracción fueron de 60 y 120 minutos, la precipitación de la pectina se realiza con etanol al 96%, adicionando 80% del volumen de la solución péptica, por 30 minutos; la pectina, se filtró en tela muselina y se seca en estufa, hasta obtener peso constante.

El rendimiento de extracción y contenido de AGA presentaron un comportamiento dependiente en su mayoría de los efectos principales estadísticamente significativos. La combinación entre el pH y la temperatura fue el factor a considerar en el contenido de metoxilo, grado de esterificación y peso equivalente de las pectinas procedentes de cáscaras de cacao, ya que el efecto de la interacción no permitió generalizar un comportamiento para los factores individuales.

Otros autores como (19) obtuvieron una fracción de polisacáridos pépticos de color pardo de cáscaras de cacao secadas al sol, procedentes de Tafo, Ghana. Según (Francis y Bell, et, 2019) el color oscuro en las pectinas extraídas puede ser causada por taninos.

El mayor rendimiento observado a pH 5 puede atribuirse al menor grado de desintegración de la pectina, ya que pHs bajos pueden causar su despolimerización. (20) reportó de 8,0 a 11,0 g/100g de pectinas obtenidas a partir de cáscaras de cacao. Es importante mencionar que para (21) indicó 8,0 g/100g del endocarpio de cacao. El posible uso de la cáscara de cacao como fuente de pectina puede justificarse por la enorme cantidad de desechos que se generan de la explotación cacaotera más que por su rendimiento. (22) describen la cáscara del cacao como materia prima de relativo bajo costo y justifica la extracción de pectinas por razones económicas más que técnicas, ya que las cáscaras frescas requieren ser procesadas rápidamente una vez que se abre el fruto para evitar daños que afecten la fracción de pectina.

Las pectinas con capacidad de formar geles presentaron mayor peso equivalente, contenido de metoxilo y grado de esterificación. (23) señalan que la disminución del grado de esterificación aumenta la habilidad de formar geles en pectinas de bajo metoxilo comportamiento contrario al presentado en el estudio actual. Por tal razón, aquellas pectinas que mostraron capacidad gelificante y que a su vez presentaron un grado de esterificación mayor a 48%, son pectinas de alto metoxilo que forman geles consistentes con azúcar y ácido y podrían utilizarse en la elaboración de mermeladas, jaleas y demás alimentos que requieren de este tipo de producto.

Por otra parte, aquellas que no lograron formar geles consistentes y presentaron un grado de esterificación entre 37,49% y 42,68% son pectinas de bajo metoxilo que podrían usarse en la elaboración de productos dietéticos, elaboración de yogures y espesantes de salsas, entre otros. La pectina de mejor calidad se obtuvo a pH 4,0 y temperatura de 90°C, ya que además de su capacidad de formar geles en presencia de azúcar y ácido, presenta un rendimiento de 3,89 g/100g y una pureza de 62,26 g/100g de AGA.

CONCLUSIONES

De la presente investigación se determinó que los agricultores de cacao conocen la pectina y saben la importancia que esta enmarca a nivel industrial y optan por realizar el proceso de extracción de pectina a partir de cáscaras de cacao y determinar las características químicas que podrían ser de interés para uso industrial, sin embargo, es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar el rendimiento.

Los niveles de pH y temperatura de extracción influyeron significativamente en las características químicas de las pectinas de cáscaras de cacao y a pH 2 y temperatura de 90°C se extrajo la pectina de mejor calidad, gracias a la entrevista que se realizó se pudo determinar que el 55% de la población conoce la pectina y quieren darle un buen uso a la cascara del cacao, y así con ello buscar más alternativas para uso comercial, ya que con la pectina se puede realizar mermeladas pero con aspectos mejorables para incrementar su aceptabilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chasquibol-Silva, N., Arroyo-Benites, E., & Morales-Gomero, J. C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, 0(026), 175. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2008.n026.640>
2. TRUJILLO-GALLEGOS, K. A., & VÁZQUEZ, A. D. R. (2015). Determinación del porcentaje de injertos exitosos en plantas de cacao en vivero. Red de Gestión Regional del Agua, Gobierno, Ciudadanía y Sustentabilidad, 86.
3. Suárez-Venero, GM, Avendaño-Arrazate, CH, Ruiz-Cruz, PA, & Estrada-De-Los-Santos, P. (2019). Estructura e impacto de la diversidad taxonómica en cacao del soconusco, chiapas, México. *Agronomía Mesoamericana*, 353-365.
4. Vriesmann, LC, Teófilo, RF y de Oliveira Petkowicz, CL (2012). Extracción y caracterización de pectina de cáscara de vaina de cacao (*Theobroma cacao* L.) con ácido cítrico. *LWT*, 49 (1), 108-116.
5. Canteri et al. - 2012—Pectina da matéria- prima ao produto final.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de mayo de 2023, de <https://www.scielo.br/j/po/a/xFQbJ6HR3QrCpL6dT9PbVrz/?format=pdf&lang=pt>
6. Gutiérrez, A. (2020). Caracterización morfológica de tres genotipos criollos promisorios de *Theobroma cacao* L., en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (30), 150-169.
7. Wiegel, J., Rio, MD, Gutiérrez, JF, Claros, L., Sánchez, D., Gómez, L., ... & Reyes, BA (2020). Sistemas de mercado de café y cacao en las Américas: Oportunidades para apoyar la renovación y la rehabilitación.
8. Vivanco, A. (s. f.). OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PECTINA A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO DEL *Theobroma cacao* L., SUBPRODUCTO DE UNA INDUSTRIA CHOCOLATERA NACIONAL. Recuperado 4 de mayo de 2023, de <https://www.academia.edu/28418>
9. Quelal-Vásquez, M. A., Lerma-García, M. J., Pérez-Esteve, É., Talens, P., & Barat, J. M. (2020). Roadmap of cocoa quality and authenticity control in the industry: A review of conventional and alternative methods. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(2), 448-478.
10. Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 64-70.
11. Owen, H. (1956). Further observations on the pathogenicity of *calonectria rigidiuscula* (Berk. & Br.) SACC. to *Theobroma cacao* L. *Annals of Applied Biology*, 44(2), 307-321.
12. Mejía Córdoba, C. A., Castro Riascos, M., Carvajal Higueta, L. C., Castrillón Sánchez, H. E., & Puerta Gallo, N. (2017). Agroindustria del cacao.
13. Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) hulls: a posible commercial source of pectins. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 58(1), 64-70.
14. Mollea, C., Chiampo, F., & Conti, R. (2007). Il recupero delle pectine da bucce di fave di cacao. *INGREDIENTI ALIMENTARI*, 6(34), 6-9.
15. Vriesmann, L. C., & de Oliveira Petkowicz,

16. C. L. (2017). Cacao pod husks as a source of low-methoxyl, highly acetylated pectins able to gel in acidic media. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 146-152. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.082>
17. Mendoza-Vargas, L., Jiménez-Forero, J., & Ramírez-Niño, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 131-138.
18. Priyangini, F., Walde, SG y Chidambaram, R. (2018). Optimización de la extracción de pectina de cáscara de mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.) con ácido ascórbico utilizando metodología de superficie de respuesta. *Polímeros de carbohidratos* , 202 , 497-503.
19. Ofori, A., Padi, FK, Ansah, FO, Akpertey, A. y Anim-Kwapong, GJ (2016). Variación genética del vigor y rendimiento de clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Ghana. *Scientia Horticulturae* , 213 , 287-293.
20. León, K. M. O., León, R. N. V., Cevallos, H. G. L., Yanez, R. E. B., & Maura, C. A. V. (2023). UNA FUENTE COMERCIAL DE PECTINA A PARTIR DE LA CÁSCARA DE CACAO. *RECIENA*, 3(2), 45-51.
21. Gunaratne, N. M., Fuentes, S., Gunaratne, T. M., Torrico, D. D., Ashman, H., Francis, C., ... & Dunshea, F. R. (2019). Consumer acceptability, eye fixation, and physiological responses: A study of novel and familiar chocolate packaging designs using eye-tracking devices. *Foods*, 8(7), 253.
22. Guerrero, G., Suárez, D. y Orozco, D. (2017). Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao. *Temas agrarios* , 22 (1), 85-90.