

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

Evaluación de las características gelificantes de la pulpa de café (Coffea arábica) y agente espesante extraído de la misma en la producción de conservas

Estudiante

Gerson Misael Quintero Quintano

Asesores

Jorge Alfredo Cardona, Ph.D.

Jose Oscar Murillo, Dr.

Honduras, noviembre 2023

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Materiales y Métodos	12
Localización del Estudio	12
Obtención de Pulpa de Café	12
Diseño Experimental	12
Fase I Caracterización de la Pulpa de Café.....	13
Determinación de Granulometría.....	14
Análisis de Humedad.....	14
Fibra Dietética	15
Proteína Cruda	16
Cenizas	17
Fase II Aislamiento de Material Gelificante en Medio Ácido y Caracterización de Este.....	17
Metodología para determinar de Capacidad Gelificante de Pulpa de Café y Material Gelificante.....	19
Fase III: Elaboración de Jalea de Mora con el Mejor Tratamiento de la Fase II.....	19
Viscosidad	19
Color	20
Actividad de Agua	20
Análisis Sensorial.....	20
Análisis Estadístico	21

Resultados y Discusión.....	22
Fase I Caracterización de la Pulpa.....	22
Fase II Extracción y Caracterización del Material Gelificante	24
Determinación de Capacidad Gelificante de Pulpa de Café y Material Gelificante.....	25
Fase III Elaboración de Jalea de Mora con el Mejor Tratamiento de la Fase II.....	26
Análisis Sensorial de Aceptación de Jalea de Mora	29
Análisis de Correlación.....	30
Prueba de Preferencia	30
Conclusiones	31
Recomendaciones.....	32
Referencias.....	33
Anexos.....	36

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Descripción de los tratamientos usados en la segunda fase.....	13
Cuadro 2 Descripción de tratamientos con uso de diferentes agentes gelificantes para elaboración de jalea de mora.	13
Cuadro 3 Caracterización química de la harina de pulpa de café en base seca.	23
Cuadro 4 Resultados de la caracterización del material gelificante en base seca.....	25
Cuadro 5 Descripción de resultados de viscosidad en pruebas de gelificación con agua destilada.....	26
Cuadro 6 Resultados de Viscosidad de jalea de mora.	27
Cuadro 7 Resultados de color en la jalea de mora en escala L*a*b, Hue y croma.....	27
Cuadro 8 Resultados de actividad de agua en jalea de mora.	28
Cuadro 9 Resultados obtenidos en la prueba de aceptación de jalea de mora.	29
Cuadro 10 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson en relación con la aceptación general.	30
Cuadro 11 Resultados de Chi-Cuadrado en la prueba de preferencia de jaleas de mora.	30
Cuadro 12 Descripción de °Brix obtenidos en pruebas de gelificación con agua destilada.	37
Cuadro 13 Descripción de resultados de pH en pruebas de gelificación con agua destilada.....	38

Índice de Figuras

Figura1 Flujo de proceso para extracción de material gelificante.....	18
Figura 2 Descripción gráfica de granulometría de la harina de pulpa de café.	22
Figura 3 Hue Angle y croma	28

Índice de Anexos

Anexo A Hoja de evaluación sensorial	36
Anexo B Grados Brix.....	37
Anexo C pH.....	38
Anexo D Chi-cuadrado	39

Resumen

El café es el segundo producto más comercializable en el mundo, su procesamiento genera gran cantidad de coproductos, que pueden impactar de manera negativa el medio ambiente. El objetivo de este estudio fue analizar la capacidad gelificante de la pulpa de café y el material espesante extraída de la misma en jalea de mora, para posteriormente evaluar la aceptación y preferencia. En primer lugar, se llevó a cabo una caracterización de la pulpa de café y del material gelificante extraído de ella. Se observó una marcada diferencia en el contenido de fibra soluble entre ambas, con un 6.18% en la pulpa de café y un 80.03% en el material gelificante. Se evaluó la capacidad gelificante de la pulpa de café y del material gelificante mediante la realización de siete tratamientos distintos, incluyendo un control, con diferentes concentraciones de estos componentes. Se seleccionó el tratamiento con el mejor poder gelificante para ser aplicado en la elaboración de jalea de mora. Finalmente, se realizó la comparación de la jalea resultante con la jalea producida convencionalmente por Zamorano. Los resultados mostraron que, aunque hubo una diferencia en el color, este factor no afectó la aceptación y preferencia del producto ni tampoco parámetros físicos evaluados (a_w y Textura). Este estudio aborda la búsqueda de alternativas sostenibles para el aprovechamiento de un coproducto del café, destacando la capacidad gelificante del material extraído de la pulpa de café y su potencial aplicación en la industria de alimentos sin comprometer la calidad del producto final.

Palabras clave: coproducto, fibra, jalea, pectina, sostenibilidad.

Abstract

Coffee is the second most marketable product in the world; its processing generates a large amount of co-products, which can have a negative impact on the environment. The objective of this study was to analyze the gelling capacity of coffee pulp and the thickening material extracted from it in blackberry jelly to subsequently evaluate its acceptance and preference. First, a characterization of the coffee pulp and the gelling material extracted from it was carried out. A marked difference was observed in the soluble fiber content between the two, with 6.18% in the coffee pulp and 80.03% in the gelling material. The gelling capacity of the coffee pulp and the gelling material was evaluated by performing seven different treatments, including a control, with different concentrations of these components. The treatment with the best gelling power was selected to be applied in the preparation of blackberry jelly. Finally, the resulting jelly was compared with the jelly produced conventionally by Zamorano. The results showed that, although there was a difference in color, this factor did not affect the acceptance and preference of the product, or the physical parameters evaluated (A_w and texture). This study addresses the search for sustainable alternatives for the utilization of a coffee co-product, highlighting the gelling capacity of the material extracted from coffee pulp and its potential application in the food industry without compromising the quality of the final product.

Keywords: coproduct, fiber, jelly, pectin, sustainability.

Introducción

El café es una de las bebidas más populares del mundo y el segundo producto más comercializable después del petróleo (Dadi et al., 2018). Honduras se encuentra entre los 10 países con mayor producción de café internacionalmente. En el período de cosecha 2021-2022, el país cerró con 6,202,801.54 quintales de café producidos (Instituto Hondureño de café [IHCAFE], 2022). De esta manera se ubica en el sexto país con mayor producción de café, ya que contribuyó con un 3.4% de la producción global. En Honduras, el café es uno de los productos de mayor importancia económica del país, más de 100,000 familias se dedican al rubro del café, alcanzando a cultivar 229,816 hectáreas al año (Instituto Nacional De Estadísticas [INE], 2015). Sin embargo, detrás de esta industria, se esconde un desafío ambiental significativo: la pulpa del café. Este subproducto, que constituye el 40% del peso fresco de la fruta del café, es culpable de un 75% de la contaminación ambiental en el sector cafetalero (Pineda et al., 2019).

La pulpa del café no solo representa una problemática ambiental, sino también un potencial recurso desperdiciado. Este material, compuesto por una mezcla de glúcidos, proteínas, lípidos, minerales, cafeína y taninos, posee un valor aún no explotado (Echeverría y Nutu, 2017, p. 16). Entre sus usos se incluyen la producción de biogás, abono orgánico, hongos comestibles, alcohol, vinos, alimentación animal, carbón activado (Blandón et al., 2013, p. 14). Una vía prometedora para darle nueva vida a este coproducto es su aplicación como agente gelificante en la industria de conservas, gracias a la pectina que contiene, que representa entre el 5% y el 6.8% de su estructura (Serrat et al., 2018, p. 532).

La pectina es un polisacárido complejo presente en las paredes celulares de los vegetales, especialmente en las frutas, que se utiliza como espesante en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética (Real Academia Española [RAE], 2021). Una de las características más importantes es la capacidad de gelificación, la cual depende de factores intrínsecos como peso molecular y grado de esterificación, que a su vez, dependen de la materia prima y de las condiciones de fabricación. También depende de factores extrínsecos como pH, sales disueltas y presencia de azúcares (Badui,

2013). El grado de esterificación dependerá del origen de la pectina y del método utilizado para su extracción (Flores et al., 2013). Por lo tanto, las pectinas se pueden clasificar en dos categorías, las pectinas de alto metoxilo (HMP) (más del 50% de grupos carboxilo están esterificados) y pectinas de bajo metoxilo (LMP) (< 50%) (Muñoz Labrador, 2016). Las pectinas pueden gelificar en diferentes condiciones, y esto dependerá del grado de esterificación, las pectinas de alto grado de esterificación gelifican en condiciones ácidas y las de bajo grado de esterificación forman geles iónicos (Riaudo, 2001).

Este estudio se adentra en la exploración de cómo la pulpa del café y su contenido de pectina podrían ofrecer una solución tanto económica como ambientalmente beneficiosa para los productores de café. En un mundo que valora cada vez más la sostenibilidad y la innovación.

Los objetivos para este estudio fueron:

Determinar las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de café y su potencial como agente gelificante.

Extraer la fibra soluble de la pulpa de café y evaluar su capacidad gelificante en jalea de mora.

Determinar la aceptación y preferencia de la jalea de mora elaborada con material gelificante extraído de la pulpa de café.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Honduras. Las muestras de pulpa de café fueron obtenidas de un beneficio de café ubicado en El Carrizal La Unión, Copán, Honduras. Tanto la extracción, análisis y caracterización del material gelificante como la caracterización de la pulpa de café tuvieron lugar en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Posteriormente, se elaboró jalea de mora con los mejores tratamientos, en la planta de innovación de alimentos (PIA), seguido por un análisis sensorial en el laboratorio de análisis sensorial de Zamorano.

Obtención de Pulpa de Café

El coproducto, procedió del procesamiento de frutos de café de la especie *Coffea arábica*, de la variedad Lempira cultivado a una altura de 1,150 metros sobre el nivel del mar. El café fue recolectado el 3 de enero del 2023, la cosecha se realizó manualmente, seleccionando los frutos completamente maduros. Luego el mismo día de la cosecha, aproximadamente 4 horas después se realizó el beneficiado de la fruta por vía húmeda, en una despulpadora de la marca “La Macarena” en el beneficio de la finca “El Carrizal”, ubicado en El Carrizal, La Unión Copán, Honduras. Al finalizar el despulpado, de inmediato se recolectaron 23 kg de pulpa húmeda, para posteriormente colocarlas y distribuir las en camas africanas para su secado. El proceso duró 6 días, haciendo el volteo de la pulpa a diario, el secado constó únicamente de energía solar. La pulpa inicialmente contaba con una humedad del 85% y al finalizar el proceso terminó con humedad de 9.6%. Luego, se almacenó durante cuatro meses en bolsas de polietileno en un lugar seco, fresco y protegido de los rayos solares directos, para evitar cualquier tipo de cambio no deseado en la materia prima del experimento.

Diseño Experimental

El proyecto se realizó en 3 fases. En la primera fase se determinó la composición fisicoquímica de la harina de la pulpa de café mediante diferentes tipos de análisis con dos repeticiones para cada análisis realizado. En la segunda fase se extrajo y caracterizó el material gelificante, posteriormente

se utilizó una metodología donde se evaluó la capacidad gelificante de pectina (control), la pulpa de café y el material gelificante extraída de la misma como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos usados en la segunda fase.

Tratamiento	% de agente gelificante
T1 pectina comercial	0.25
T2 pulpa de café	2.5
T3 pulpa de café	5
T4 material gelificante	0.25
T5 material gelificante	0.5
T6 material gelificante	1
T7 material gelificante	1.5

En la tercera fase se elaboraron dos jaleas utilizando los dos diferentes agentes gelificantes seleccionados mediante la capacidad gelificante obtenida en la fase dos; pectina comercial (0.25%) para tratamiento 1 (control) y material gelificante (1.5%) para Tratamiento 2, como se detalla en el Cuadro 2.

Cuadro 2

Descripción de tratamientos con uso de diferentes agentes gelificantes para elaboración de jalea de mora.

Tratamiento	% de agente gelificante
T1 con pectina comercial	0.25
T2 con material gelificante	1.5

Posteriormente se realizó un análisis sensorial mediante pruebas afectivas con los dos diferentes tratamientos y tres repeticiones de cada uno. Luego, se realizó un análisis de actividad de agua, color y viscosidad a las jaleas obtenidos de la Fase III.

Fase I Caracterización de la Pulpa de Café

Se llevó el material al laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano, y se realizó el análisis de la humedad por el método rápido con ayuda de una termobalanza para verificar si la pulpa se encontraba en el punto óptimo para realizar la molienda. Luego, se procedió a triturar la pulpa de café en un molino de la marca kitchenAid hasta obtener harina con tamaño de partícula homogénea.

La caracterización fisicoquímica de la pulpa de café se realizó para determinar el tamaño de partícula (granulometría) y el contenido de: proteína, cenizas, fibra dietética (soluble e insoluble) y humedad, los análisis se realizaron por duplicado para conocer la composición de la harina proveniente de la variedad Lempira.

Determinación de Granulometría

La granulometría de la harina de pulpa de café se realizó por el método de tamizado aprobado por la AOAC 965.22. Se utilizó una serie de tamices de la marca Gilson, con un tamaño de orificios de manera descendente como se enumeran a continuación: 2000 µm, 850 µm, 600 µm, 425 µm, 250 µm, 150 µm, base. Se pesó cada tamiz vacío (T) y se anotó el peso, se ordenó cada tamiz de acuerdo con su tamaño de orificios de manera descendente, de 2000-150 µm, se utilizó 50 ± 0.0050 g para cada repetición (M), luego se colocó en agitación constante durante cinco minutos en el equipo Ro-Tap, al finalizar se pesó cada tamiz con la muestra que retuvo, se registró el peso de cada tamiz y posteriormente se repitió el proceso para las otras repeticiones. Posteriormente se realizaron los cálculos con la Ecuación 1:

$$\%MR = \frac{(T+MR)-T}{M} \times 100 \quad [1]$$

Donde:

MR: muestra retenida.

T: Peso tamiz vacío

M: peso de la muestra

Análisis de Humedad

Se determinó el contenido de humedad, a través del método de diferencia de peso validado por la AOAC 950.46. Se sacaron los crisoles en el horno de convección de aire forzado a 105 °C de la marca Fisher Scientific, modelo 750 F, durante 18 horas, se colocaron a enfriar en un desecador durante 40 minutos, luego se pesó cada crisol seco (C), se agregó en cada crisol 3 ± 0.0050 g de muestra y se anotó el peso exacto (C+MH), luego se colocaron los crisoles con las muestras en el horno de

convección a 105 °C durante 24 horas, se retiraron del horno y se pusieron a enfriar los crisoles en un desecador durante 30 minutos, se pesó cada crisol con la muestra seca (C+MH) y se realizaron los cálculos para determinar la humedad de cada muestra a través de la Ecuación 2:

$$\%H = \frac{(C+MH)-(C+MH)}{(C+MH)-C} \times 100 \quad [2]$$

Donde:

%H= porcentaje de humedad

C=crisol

MH= muestra húmeda

Fibra Dietética

Se realizó el análisis de fibra dietética (soluble e insoluble) a través de la combinación de los métodos de la AOAC 985.29 y 991.43, se pesó por duplicado 1 ± 0.005 g de la muestra y se prepararon los blancos, se procedió a realizar la digestión enzimática añadiendo α -amilasa, luego la muestra fue incubada en un baño de agua a 95 °C durante 15 minutos, se agregó proteasa, se incubó en un baño a $60 \text{ °C} \pm 1$ con agitación constante durante 30 minutos. Se añadió amiloglucosa y se encubó a $60 \text{ °C} \pm 1$ con agitación constante durante 30 minutos. Se filtró la solución después de la digestión en el equipo Fibertec™ 1023 de la marca Foss, posteriormente se separó la solución que se filtró, el restante en el filtro se lavó tres veces con etanol al 78%, dos veces con etanol al 95% y dos veces con acetona. La solución que se separó se le añadieron 4 volúmenes de etanol al 95%, precalentado a 60 °C para precipitar la fibra soluble. Se calculó el porcentaje de fibra dietética insoluble y soluble (Ecuación 3).

$$\%FDI = \frac{[(R1+R2)/2]-P-A-B}{M1+M2/2} \times 100 \quad [3]$$

Donde:

R=peso del residuo

P: cantidad de proteína

A: cantidad de cenizas

B: Factor de corrección de las cenizas del blanco.

M: peso de la muestra

Proteína Cruda

Se determinó el contenido de proteína mediante el método de la AOAC 2001.11, se pesó 1 ± 0.005 g de la muestra por duplicado en papel encerado y se transfirieron a cada tubo de digestión con dos tabletas Kjeltabs por tubo, adicionalmente se realizó un blanco y se procedió al proceso de digestión en el aparato TecatorTM D20 que fue previamente calentado a 420 °C. El proceso de destilación se realizó en el aparato Kjeltec 8200, donde se usaron matraces Erlen Meyer que fueron colocados en el destilador, mientras los tubos de digestión eran procesados con el Programa 1 para muestras con menos de 20% de grasa. Dichos matraces recolectaron los productos de la destilación, fueron trasladados para la valoración mediante titulación del volumen del ácido clorhídrico al 0.1 N usado en el proceso, tanto de los blancos “Vb”, como de las repeticiones “Vm”. Dato para el cual es necesario usar las siguientes fórmulas y obtener el porcentaje de Nitrógeno (%N) (Ecuación 4) y porcentaje de Proteína (Ecuación 5).

$$\% \text{Nitrógeno} = \frac{(V_m - V_b) \times M \times 14.01}{m \times 10} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

Vm: Volumen de ácido usado en titulación por la muestra (mL).

Vb: Volumen promedio de ácido usado en titulación por el blanco (mL).

N: Normalidad del ácido clorhídrico estandarizado (N).

M: Molaridad del ácido estándar.

14.01: Peso atómico del nitrógeno.

$$\% \text{Proteína} = \%N \times 6.25 \quad [5]$$

Donde:

%N: Porcentaje de nitrógeno.

6.25: Factor para convertir el nitrógeno para materiales de consumo.

Cenizas

Se analizó el porcentaje de cenizas por medio del método AOAC 923.03. Retomando las muestras a partir del pesado del crisol más la muestra seca del análisis de humedad, para proceder a incinerar la muestra por duplicado utilizando la mufla Sybron Thermolyne FA1730, a una temperatura de 550 °C por siete horas hasta obtener un color gris claro en la ceniza y procediendo a pesado. La Ecuación 6 fue la utilizada en este análisis.

$$\% \text{ cenizas} = \frac{CC-C}{M} \times 100 \quad [6]$$

Donde:

%C: Porcentaje de cenizas.

CC: Peso del crisol más cenizas (g).

C: Peso crisol (g).

M: Peso muestra incinerada (g).

Fase II Aislamiento de Material Gelificante en Medio Ácido y Caracterización de Este

Se pesaron 100 ± 0.001 de harina homogénea de pulpa de café y se llevarán a un frasco Erlenmeyer de 1 L de capacidad. Se midió el volumen de agua destilada necesaria para obtener la relación líquido-sólido 1:7 y se añadió HCl (0.1 N) gota a gota hasta obtener 1 de pH. Luego el frasco Erlenmeyer, se colocó en un agitador magnético con su respectivo imán dentro del frasco, con el objetivo de mantener la agitación y temperatura (90 °C) constantes durante 90 minutos. Después de este proceso se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se filtró con un pascón fino de metal donde quedó el material más grueso, posteriormente se filtró el líquido con menos sólidos usando una bomba de vacío. Al líquido filtrado se le añadieron dos volúmenes de etanol al 95% precalentado (60 °C) para precipitar la materia soluble (material gelificante). Se centrifugó a 5,000 RPM durante 10 minutos para separar el material sólido del líquido, posteriormente se dejó secar el material gelificante durante 18 horas a 35 °C. Luego se calculó el contenido de material gelificante por

el método gravimétrico, para calcular el rendimiento con la Ecuación 7. El proceso se muestra en la Figura 1.

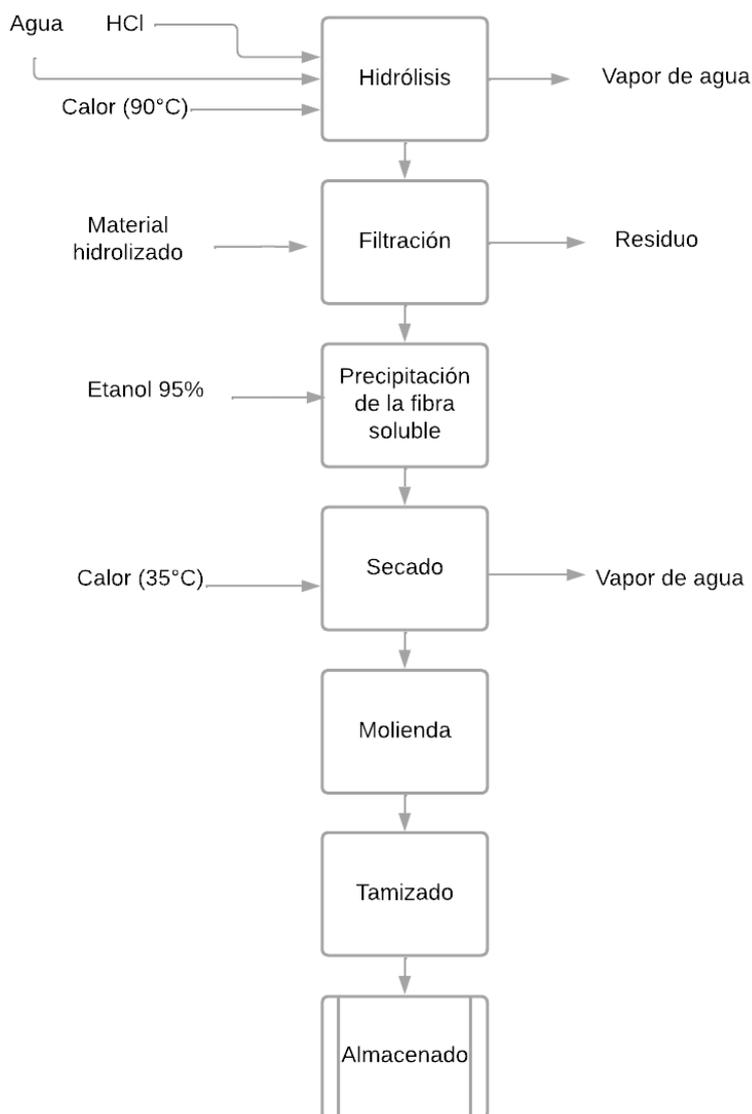
$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{g de MG obtenidos}}{\text{g de pulpa total}} \times 100 \quad [7]$$

Donde: MG: material gelificante

Se realizó la caracterización del material gelificante extraído midiendo los siguientes componentes: fibra soluble e insoluble, proteína, cenizas y humedad. Se realizó siguiendo la metodología de la Fase I.

Figura1

Flujo de proceso para extracción de material gelificante.



Nota. Elaboración propia.

Metodología para determinar de Capacidad Gelificante de Pulpa de Café y Material Gelificante

Para determinar la capacidad de gelificación de los diferentes agentes gelificantes se procedió a realizar análisis exploratorios, se realizó la preparación de los tratamientos en situaciones controladas (pH y ° Brix) de acuerdo con las variables a analizar. Se pesaron todos los insumos (pulpa de café, material gelificante procedente de la misma, pectina comercial de origen cítrico y azúcar) en una balanza analítica Metter Toledo AE200. Se preparó una solución de agua destilada con ácido clorhídrico 0.1 N (HCl) a un pH de 3.0. Para cada tratamiento se utilizaron 300 ml de agua destilada con un pH de 3.0 y 300 g de azúcar. Se midió el pH y viscosidad al inicio y al final de cada tratamiento (potenciómetro y viscosímetro de Brookfield DV III ultra) respectivamente. Se calentó a una temperatura superior a los 80 °C (hornilla con agitador magnético Corning PC-420D), luego se añadió un 20% de azúcar (60 g) hasta alcanzar entre 15.1-17.2 grados Brix (refractómetro digital de la marca Atago). Posteriormente, se agregó azúcar (60 g) mezclado con cada uno de los materiales gelificantes a utilizar (pulpa de café, material gelificante extraído de la misma o pectina comercial). Se agitó constantemente hasta alcanzar 25 grados Brix. Luego, se agregó el azúcar restante (180 g) y se siguió agitando constantemente hasta llegar a 65 ± 0.5 grados Brix.

Fase III: Elaboración de Jalea de Mora con el Mejor Tratamiento de la Fase II

Se realizó la elaboración de la jalea de mora utilizando dos tipos de agentes gelificantes, en el tratamiento número uno se utilizó la pectina comercial usada en la planta de procesamiento Zamorano, en el tratamiento número dos se utilizó el material gelificante extraído de la pulpa de café. Se utilizaron los mismos parámetros de acidez, ° Brix, temperatura, pH, y agitación en todos los tratamientos. Luego se evaluó el resultado de cada tratamiento, se midió la viscosidad y el color, para determinar las diferencias o similitudes de los productos.

Viscosidad

La viscosidad se midió con un viscosímetro Brookfield DV III ultra, el análisis se hizo por triplicado para cada tratamiento (Tratamiento 1: jalea elaborada con 0.25% de pectina cítrica y Tratamiento 2: jalea elaborada con 1.5% de material gelificante). Se midió con un acople #04 a 10 RPM

para cada muestra, a una temperatura de 24.5 ± 1 °C en promedio, los resultados se presentaron en Pa.s.

Color

La evaluación se hizo por duplicado. Se realizó este procedimiento para los dos tratamientos evaluados, para posteriormente realizar una comparación entre tratamientos. Primero se calibró el equipo (Colorflex Hunter L*a*b), se establecieron los parámetros de medición y posteriormente se realizaron las mediciones por duplicado para cada tratamiento y se registraron los valores L*a*b de cada medición. Además, se calculó el Hue y croma, para elaborar un círculo cromático.

Actividad de Agua

Se realizó el análisis de actividad de agua por triplicado a la jalea elaborada en la fase III, en el equipo Aqua Lab, primero se preparó el equipo corriendo el estándar de 0.5, luego se procedió a medir la AW de cada muestra, introduciendo una muestra en la copa del equipo, luego se esperó entre 6-9 minutos para obtener el resultado.

Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial mediante pruebas afectivas (aceptación y preferencia) donde participaron 152 panelistas no entrenados (estudiantes de Zamorano de los diferentes años y personas que visitaron el campus durante la celebración de la Fiesta Panamericana) con la boleta mostrada en el Anexo C. Se proporcionó a cada panelista una bandeja con las dos muestras de jalea codificadas con un número de tres dígitos al azar para cada muestra.

En la prueba de aceptación se evaluó la aceptación general y cinco atributos pertenecientes a la jalea: color, olor, sabor, viscosidad y acidez. A través de una escala hedónica de 9 puntos, donde 9 significa me gusta extremadamente y 1 me disgusta extremadamente. Y en la parte de preferencia se solicitó al panelista escribir el código de la muestra que prefirió en el espacio proporcionado. Además, se solicitó el ¿por qué? de su decisión.

Análisis Estadístico

Los datos recopilados durante la evaluación de este estudio se analizaron por medio del programa Statistical Analysis System (SAS®).

Para la primera y segunda fase del estudio se llevó a cabo un análisis estadístico descriptivo para los resultados de la caracterización. Para la tercera fase se realizó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 95%. Además, se utilizó la prueba de separación de medias Duncan para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos.

En cuanto al análisis estadístico para los resultados del análisis sensorial se utilizó una prueba t-student, un análisis de correlación para los datos de aceptación y para la prueba de preferencia se utilizó una prueba de Chi Cuadrado.

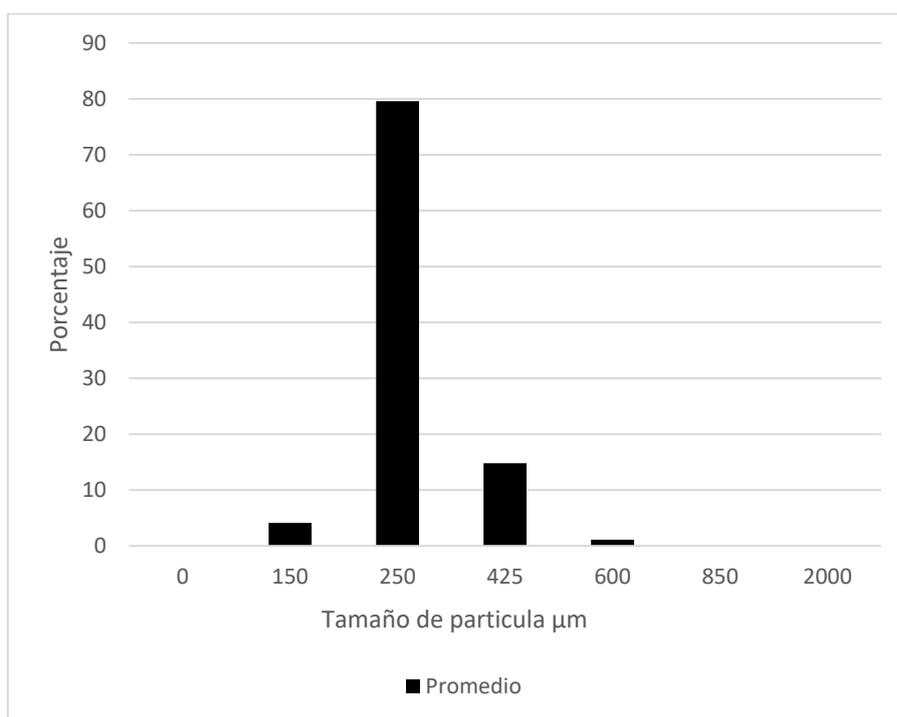
Resultados y Discusión

Fase I Caracterización de la Pulpa

Es de gran importancia conocer la composición fisicoquímica de la materia prima, debido a los aportes que brinda cada uno de sus componentes en el experimento. En la Figura 2 y Cuadro 3 se muestran los resultados de los diferentes análisis realizados a la pulpa de café.

Figura 2

Descripción gráfica de granulometría de la harina de pulpa de café.



La harina de pulpa de café presentó una granulometría muy homogénea donde un 79% de las partículas quedaron en el tamiz con tamaño de 250 µm, un 14.8% con tamaño de 425 µm y con menos de un 1.5% de tamaños extremos. La granulometría de la pulpa de café coincide con las características que debe presentar una harina, de acuerdo con Dussán et al. (2019) las harinas deben presentar una granulometría entre 150 y 450 µm que es acorde a 149-425 µm reportado por F. Garcia (2019). Así mismo, quedó dentro del rango de 125-725 µm que es la granulometría que tiene la pectina que se usa normalmente en la industria (Chen et al., 2004). En la Figura 2 se puede observar la distribución de porcentajes de acuerdo con su tamaño de partícula.

Cuadro 3

Caracterización química de la harina de pulpa de café en base seca.

Componente	Literatura (%)	Resultado (%)
		Media ± Desviación Estándar
Fibra insoluble	40-60 ¹	40.46±0.32
Fibra soluble	3.0-8 ¹	6.18±0.17
Proteína	9.5-13 ²	9.52±0.11
Ceniza	3.0-12 ^{1,2}	10.28±0.09
Humedad	6.0-12 ¹	9.82±0.21
Grasa	0.6-4.6 ²	1.4±0.40
Carbohidratos (ELN)	21-32 ³	22.34±0.72
Total	-	100

Nota. ¹Adaptado de Murthy y Naidu (2012). ²Adaptado de Ulloa et al. (2003). ³Adaptado de Serna et al. (2018). ENL: extracto libre de nitrógeno.

Caracterización química de la harina de pulpa de café

La pulpa de café de la variedad Lempira presentó un 40.46% de fibra insoluble y 6.18% de fibra soluble (Cuadro 3), sumando 46.64% de fibra dietética total, muy similar a lo reportado por F. Garcia (2019) 47.79%, y al 46.12% reportado por Machado et al. (2023). Según Almeida et al. (2014) la fibra insoluble está compuesta por carbohidratos no digeribles por los seres humanos y lignina. Así mismo las fibras solubles en contacto con el agua forman un retículo donde el agua queda atrapada, originándose soluciones de gran viscosidad (Escudero y González, 2006). Por lo tanto, era indispensable cuantificar cada tipo de fibra presente, ya que fue de vital importancia para este estudio, donde se evaluó la capacidad gelificante de la pulpa de café.

Se encontró un 9.52% de proteína cruda (Cuadro 3), muy similar al 10.23% reportado por Machado et al. (2023) y dentro del rango de 7.5-15% reportado por Serna et al. (2018). La proteína se define como el contenido de nitrógeno total del alimento multiplicado por 6.25; considerando que el contenido promedio de nitrógeno (N) en los alimentos es igual a 16 gramos por cada 100 gramos de proteína (Elizondo, 2020). También presentó un 10.28% de cenizas (Cuadro 3), que difiere un poco del 9.58% reportado por Fierro et al. (2018) y el 8.56% por F. Garcia (2019). Las cenizas se definen como el residuo inorgánico que se obtiene al incinerar la materia orgánica en un producto cualquiera a temperatura entre 500-600 °C (Márquez, 2014).

En la pulpa de café se encontró 9.82 % de humedad (Cuadro 3) diferente al 12.05% encontrado por Fierro et al. (2018) y al 7.01% por F. Garcia (2019). La humedad puede variar dependiendo del tratamiento previo que reciba la pulpa. El agua es generalmente el mayor constituyente de los alimentos. Conocer el contenido es de suma importancia para manejarla y controlar en las materias primas para prolongar la conservación y evitar el desarrollo de microorganismos y reacciones no deseadas (E. Garcia y Fernández, 2018).

La grasa promediada según literatura fue 1.4% (Cuadro 3), en base a lo reportado por Machado et al. (2023) 1.7% y 1.15% por F. Garcia (2019). Según Márquez (2014), las grasas son un grupo heterogéneo de compuestos que son insolubles en agua pero solubles en disolventes orgánicos tales como éter, cloroformo, benceno o acetona.

El extracto libre de nitrógeno (ELN), que representa los azúcares y almidones, se calcula por la diferencia en lugar de medirlo mediante análisis (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2020). Considerando esto, el contenido de carbohidratos libres de nitrógeno obtenidos fue de 22.34% (Cuadro 3), queda dentro del rango de 21-32% que proporciona Serna et al. (2018), y difiere al 44.4% reportado por Braham y Bressani (1978).

Fase II Extracción y Caracterización del Material Gelificante

La extracción del material gelificante se realizó con éxito, teniendo un rendimiento de 8.08 ± 0.03 %. Que es diferente al 6.5% de pectina reportada por Corro et al. (2013) y similar al 8.73% reportada por Serrat et al. (2018). Se hace la comparación con pectina debido a que la principal fuente de fibra soluble que contiene la pulpa de café es la pectina seguido de hemicelulosa, que juntas suman en promedio 8.8% Corro et al. (2013).

En el material gelificante se obtuvo un 3.82% de fibra insoluble, esto sucedió posiblemente por el proceso de filtración, ya que no se contó con los filtros adecuados y pudo haber paso de pequeñas partículas de fibra insoluble (Cuadro 4). Por otro lado, se obtuvo un 80.08% de fibra soluble, teniendo un incremento de 12 veces más en comparación a lo contenido en la pulpa de café donde solo se encontró un 6.18%.

En cuanto a la proteína, se encontró un 4.36%. La ceniza obtenidas fue de 4.3% menor al 6.07% encontrado en la pectina estándar y un 6.12% de humedad que difiere del 10.81% obtenido en la pectina estándar (Chasquibol et al., 2008).

Cuadro 4

Resultados de la caracterización del material gelificante en base seca.

Componente	Encontrada (%)
	Media \pm Desviación Estándar
Fibra insoluble	3.82 \pm 0.12
Fibra soluble	80.08 \pm 0.16
Proteína	4.36 \pm 0.11
Ceniza	4.3 \pm 0.91
Humedad	6.12 \pm 0.40
Otros compuestos	1.32 \pm 0.57
Total	100

Determinación de Capacidad Gelificante de Pulpa de Café y Material Gelificante.

La gelificación en las jaleas depende de algunos factores importantes: agente gelificante usado, pH, temperatura y ° brix . El pH osciló entre 3-3.64 y no hubo diferencias significativas durante la evaluación. Para los grados brix se siguió el proceso de Rodriguez (2012) y se confirmó que los tratamientos empezaron con 0 grados brix y subieron a 15.1-17.2 grados brix al momento de agregar la primera porción de azúcar para culminar con 65.1-65.4 al finalizar el proceso.

En el análisis de los datos se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento de material gelificante con 4 veces la concentración (1%) logró aumentar la consistencia considerablemente pero no a niveles similares al control, por lo que tuvo que subirse a 6 veces la cantidad de material gelificante (1.5%) y esto logró niveles similares de viscosidad al control con 0.25% de pectina cítrica y fueron iguales estadísticamente, pero diferente al resto de tratamientos, lo que coloca el T7 con 1.5% de material gelificante como el mejor tratamiento (Cuadro 5). Además, esto es un indicador de que las pectinas que se encuentran en la pulpa de café son de alto metoxilo porque según Ferreira (2007) sólo las pectinas de alto metoxilo son capaces de formar geles en condiciones de pH entre 2.8 - 3.5 y un contenido de sólidos solubles entre 60% y 70%, en promedio 65%, que fueron las condiciones que se brindó a cada tratamiento en este estudio. Sin

embargo, esto no elimina la posibilidad de que se encuentre pectina de bajo metoxilo, así mismo la pureza del ingrediente no está optimizada ya que aún se encuentran otros componentes además de la fibra soluble, lo que puede explicar la necesidad de utilizar una concentración mayor en comparación a la pectina comercial. Los demás tratamientos no alcanzaron una viscosidad deseada debido a que eran pulpa de café con baja concentración de fibra soluble o tratamientos con niveles bajos del material gelificante obtenido de la pulpa. Los tratamientos de pulpa de café fueron los que presentaron una menor viscosidad, posiblemente debido a que la pectina esta adherida a la pared celular y con interacción con otros componentes de la célula (Salazar y Gamboa, 2013).

Cuadro 5

Descripción de resultados de viscosidad en pruebas de gelificación con agua destilada.

Tratamiento	Viscosidad	
	Concentración (%)	V Final (Pa.s)
T1 pectina comercial	0.25	18.97±0.94 ^a
T2 pulpa de café	2.5	0.06±0.01 ^e
T3 pulpa de café	5	0.14±0.015 ^e
T4 material gelificante	0.25	1.76±0.52 ^d
T5 material gelificante	0.5	3.95±0.52 ^c
T6 material gelificante	1	12.61±1.45 ^b
T7 material gelificante	1.5	18.42±0.84 ^a
%CV	-	27.63

Nota. %C.V: coeficiente de variación. Medias de la misma columna con diferentes letras (a,b,c,d,e) son significativamente diferentes

(P≤0.05). Pa.s: Pascales/segundo.

Fase III Elaboración de Jalea de Mora con el Mejor Tratamiento de la Fase II

Con base a los resultados obtenidos en la fase II en la determinación de capacidad gelificante, el tratamiento con 1.5% de material gelificante fue seleccionado para continuar con el estudio, ya que alcanzo una viscosidad similar al control. La viscosidad de los tratamientos fue similar y osciló entre 36.2 y 37.5 Pa.s (Cuadro 6) y queda dentro de 1.9-121 Pa.s , rango de viscosidad que menciona Kumar et al. (2016) en su estudio. En el análisis no hubo diferencia significativa entre tratamientos. Lo que indica que el uso del material gelificante tuvo el mismo comportamiento a la de una pectina comercial confirmando los resultados observados en la fase 2 y que hora se evidencian en la jalea de mora. Ambas jaleas presentaron un comportamiento pseudoplástico, a medida se aumentó la velocidad de cizalla la viscosidad se reducía. La viscosidad es una de las características más importantes en la jalea

y se logran mediante las propiedades de la pectina, que forman una interacción compleja entre el soluto y el solvente que mantienen la integridad del gel y logran la retención del agua (E. Garcia, 2010).

Cuadro 6

Resultados de Viscosidad de jalea de mora.

Tratamiento	Viscosidad (Pa.s)
	Media \pm desviación estándar
T1 con 0.25% de pectina cítrica (control)	36.23 \pm 1.58
T2 con 1.5% de material gelificante	37.50 \pm 0.79
%CV	4.86
P	0.28

Nota. %C.V.: coeficiente de variación. P: probabilidad <0.05. Pa.s: Pascales/segundo.

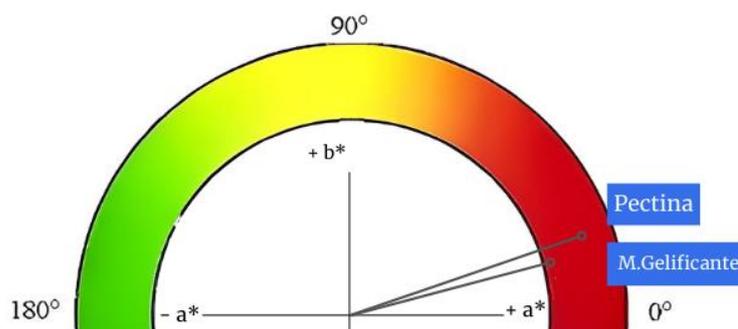
Los resultados que se obtuvieron en la escala $L^*a^*b^*$ fueron diferentes significativamente ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 7), lo que indica que el material gelificante sí influyó en el cambio de color de la jalea, a pesar de haberse hecho con una jalea de color oscuro la diferencia fue notable a través del análisis realizado. Según Rettig y Ah-Hen (2014) el color es el primer atributo por el que se juzga un producto. Por lo tanto, este ingrediente no podría utilizarse en productos con una coloración clara ya que se vería muy afectado al añadir el ingrediente, esto se ve reflejado aun cuando se utilizó en un producto elaborado de mora. Comparando la jalea elaborada con pectina la cual obtuvo un Hue de 18.97 y croma de 22.48 contra la jalea que se le añadió material gelificante que obtuvo un producto con 17.76 de croma y 15.27 de Hue (Cuadro 7), se pudo notar claramente que en el matiz (Hue) no hubo diferencia significativa, es decir, que el color es muy similar en el espectro de colores, en cambio la pureza (croma) entre tratamientos sí fue diferente estadísticamente, donde la jalea elaborada con pectina tuvo un color más intenso y vibrante, por otro lado la jalea con material gelificante tuvo un color más desaturado y oscuro (Figura 3).

Cuadro 7

*Resultados de color en la jalea de mora en escala $L^*a^*b^*$, Hue y croma.*

Tratamiento	L	a*	b*	Croma	Hue
	Media \pm desviación estándar				
T1 con 0.25% de pectina cítrica (control)	27.58 \pm 1.22	21.26 \pm 1.55	7.31 \pm 1.30	22.48 \pm 1.79	18.97 \pm 2.45
T2 con 1.5% de material gelificante.	22.52 \pm 0.70	17.14 \pm 0.54	4.68 \pm 0.79	17.76 \pm 0.49	15.27 \pm 2.64
%CV	0.87	4.32	8.15	4.76	9.14
P	< 0.0008	< 0.0259	< 0.0223	< 0.0117	0.15

Nota. %C.V.: coeficiente de variación. P: Probabilidad <0.05.

Figura 3*Hue Angle y croma*

La actividad de agua de las jaleas del T1 con 0.25% de pectina cítrica y T2 con 1.5% de material gelificante obtenidas fueron de 0.78 (Cuadro 8), no hubo diferencia significativa en la AW al usar diferentes agentes gelificantes. Según Cardona (2015) la actividad de agua se define formalmente como la presión parcial de vapor de agua en equilibrio con el alimento dividido por la presión parcial de vapor de agua en condiciones estándar, (presión de vapor parcial del agua pura a la misma temperatura).

Cuadro 8*Resultados de actividad de agua en jalea de mora.*

Tratamiento	a_w
	Media \pm desviación estándar
T1 con 0.25% de pectina cítrica(control)	0.78 \pm 0.007
T2 con 1.5% de material gelificante	0.78 \pm 0.015
%CV	1.034
P	0.80

Nota. %C.V.: coeficiente de variación. P: probabilidad <0.05. a_w : actividad de agua.

De acuerdo con Becerra (2016), el análisis de actividad de agua es importante para determinar si es posible la actividad y crecimiento de microorganismos. La actividad de agua encontrada fue menor a lo necesario para el crecimiento de *salmonella* que necesita un mínimo de 0.95, menor al 0.80 necesario para el crecimiento de hongos y menor al 0.88 necesario para el crecimiento de levaduras (Becerra, 2016). Solo se tomaron en cuenta estos microorganismos porque son los que solita el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) para asegurar la inocuidad de este producto (RTCA 2009). Además, esta barrera es reforzada con el nivel de pH que se obtuvo, en el T1 con 0.25% de

pectina cítrica fue de 2.84 ± 0.01 y T2 con 1.5% de material gelificante fue de 2.90 ± 0.01 , lo que las coloca en un rango seguro, debido a que la mayoría de las bacterias crecen bien a un rango de pH 4.5-9 y tienen óptimo crecimiento entre 6.5-7.5 (Chemical and foods, 2022).

Análisis Sensorial de Aceptación de Jalea de Mora

Se realizó con el objetivo de medir la aceptación de la jalea, elaborada con un material gelificante extraído de la pulpa de café, sustituyendo la pectina por completo. Se evaluaron seis atributos distintos; aceptación general, color, olor, sabor, viscosidad y acidez, con una escala hedónica de 9 puntos (Cuadro 9). Drake (2007), menciona que la escala hedónica de 9 puntos es de las más utilizadas para conocer la aceptabilidad de cada atributo evaluado en un producto, y de esa manera conocer el nivel de agrado o desagrado del producto en general por parte de los panelistas.

Se observó que hubo diferencias significativas en la aceptación ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos T1 con 0.25% de pectina cítrica y el T2 con 1.5% de material gelificante, en el atributo de color, siendo la jalea con pectina cítrica la mejor evaluada (Cuadro 9). Esto se debió a que la coloración de la jalea con 1.5% de material gelificante fue más oscura como se evidencia en el análisis de color (Cuadro 7).

En cuanto a los demás atributos, tanto el T1 con 0.25% de pectina cítrica como el T2 con 1.5% de material gelificante fueron valorados muy similares, sin presentar diferencias significativas. Resaltando que en la aceptación general no hubo diferencia significativa, lo que es beneficioso para el T2 con 1.5% de material gelificante, ya que es el ingrediente que se está evaluando para tratar de revalorizar la pulpa de café.

Cuadro 9

Resultados obtenidos en la prueba de aceptación de jalea de mora.

TRT	Color	Olor	Sabor	Viscosidad	Acidez	Aceptación General
Media \pm desviación estándar						
T1	8.04 ± 0.90	7.32 ± 1.37	7.75 ± 1.12	7.58 ± 1.15	7.34 ± 1.59	7.84 ± 0.98
T2	7.65 ± 1.12	7.15 ± 1.39	7.76 ± 1.26	7.51 ± 1.33	7.33 ± 1.53	7.87 ± 1.03
P	0.001	0.30	0.92	0.61	0.94	0.82

Nota. T1: tratamiento con pectina (control). T2: tratamiento con 1.5% de material espesante. P: probabilidad < 0.05 .

Análisis de Correlación

De acuerdo con los datos de correlación, el sabor fue el atributo que tuvo mayor influencia en la aceptación general del producto teniendo una correlación media positiva para T1 con 0.25% de pectina cítrica y alta positiva para T2 con 1.5% de material gelificante (Cuadro 10). Sin embargo, todos los atributos fueron significativos ($P < 0.05$) en cuanto a la valoración de la aceptación general.

Cuadro 10

Resultados del coeficiente de correlación de Pearson en relación con la aceptación general.

	Coeficientes de correlación de Pearson				
	Color	Olor	Sabor	Viscosidad	Acidez
T1 0.25% pectina cítrica	0.38215	0.31128	0.76427	0.59759	0.63475
P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
T2 1.5% material gelificante	0.4836	0.44497	0.80488	0.66282	0.61259
P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. P: probabilidad < 0.05 .

Prueba de Preferencia

En los resultados obtenidos a partir de 152 panelistas se encontró que entre el T1 con 0.25% de pectina cítrica y T2 con 1.5% de material gelificante no hay diferencia significativa entre el nivel de preferencia por parte de los panelistas (Cuadro 11).

Cuadro 11

Resultados de Chi-Cuadrado en la prueba de preferencia de jaleas de mora.

Tratamiento	Frecuencia
T1 con pectina cítrica (control)	73
T2 con 1.5% de material espesante	79
Chi-cuadrado	0.2368
Probabilidad	$P > 0.6265$

El resultado obtenido de Chi-cuadrado fue de 0.2368, debido a ello no hay razón para suponer que hay mayor preferencia de un tratamiento sobre el otro, ya que para un grado de libertad, el valor del Chi-cuadrado debe ser igual o mayor que 3.841 para un nivel de significación del 5% (Martínez, 2017).

Conclusiones

El potencial gelificante de la pulpa de café no fue suficiente para cumplir con las características deseadas, y fue necesario extraer el componente gelificante para lograr un mejor resultado. El cual se realizó mediante la extracción de fibra soluble de pulpa de café, y se obtuvo un rendimiento del 8.08%.

Al incorporar seis veces la concentración del material gelificante en la jalea de mora en comparación a la pectina comercial utilizada como control, se consiguió obtener una consistencia comparable a la obtenida con la pectina cítrica de referencia.

La jalea de mora con adición de material espesante extraído de la pulpa de café obtuvo una aceptación similar al control. La única diferencia observada fue el color, pero ambas jaleas fueron igualmente preferidas.

Recomendaciones

Hacer un análisis de costos para determinar la viabilidad de utilizar el agente gelificante extraído de la pulpa de café en conservas y otros productos.

Evaluar la vida de anaquel de la jalea que se le añadió el material gelificante, con el fin de determinar su duración y calidad en el almacenamiento.

Tratar de clarificar el material gelificante, para contrarrestar el efecto del color y poder utilizarlo en jaleas de color más claro.

Elaborar un método para la extracción del material gelificante de la pulpa de café.

Referencias

- Almeida, S., Aguilar, T. y Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios en la salud: Tipos de fibra. *Anales Venezolanos De Nutrición*, 27(1), 73–76. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522014000100011
- Badui, S. (2013). *Química de los alimentos* (5ª ed.). PEARSON.
- Becerra, E. (2016). *Agua y actividad de agua* [Tesis de Pregrado]. Universidad Nacional de San Agustín, Perú. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/5bd5ce9b-178b-4bca-8f81-fa8f940f08fe/content>
- Blandón, S., Blandón, M. y Torres, K. (2013). Validación de Ensilaje Elaborado a partir de Pulpa de Café como una Alternativa de Alimentación de Ganado Lechero en Dos Etapas de Experimentación”. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 2(1), 14–20. <https://www.lamjol.info/index.php/elhigo/article/view/8644>
- Braham, J. y Bressani, R. (1978). *Pulpa de café: Composición, tecnología y utilización*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, INCAP. <https://idb-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/4722/IDL-4722.pdf?sequence=1>
- Cardona, F. (2015). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones* [Tesis de Pregrado]. Universidad Politecnica de Valencia, España. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/121948/Cardona%20-%20ACTIVIDAD%20DEL%20AGUA%20EN%20ALIMENTOS%3A%20CONCEPTO%2C%20MEDIDA%20Y%20APLICACIONES.pdf>
- Chasquibol, N., Arroyo, E. y Morales, C. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana: Análisis de humedad y cenizas de las pectinas extraídas de la pulpa del níspero de la sierra y del mesocarpio de la granadilla(26), 175–199. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492010.pdf>
- Chemical and foods. (2022). *Importancia del pH en los alimentos*. <https://chemicalandfoods.com/importancia-del-ph-en-los-alimentos/#:~:text=La%20mayor%C3%ADa%20de%20las%20bacterias,de%20brotes%20e%20intoxicaciones%20alimentarias.>
- Chen, C., Leuenberger, B. y Voelki, D. (2004). Composición que comprende ácido ascórbico y pectina. España. <https://patents.google.com/patent/ES2206129T3/es>
- Corro, G., Paniagua, L., Pal, U., Bañuelos, F. y Rosas, M. (2013). Generation of biogas from coffee-pulp and cow-dung co-digestion: Infrared studies of postcombustion emissions. *Energy Conversion and Management*, 74, 471–481. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.07.017>
- Dadi, D., Mengistie, E., Terefe, G., Getahun, T., Haddis, A., Birke, W., Beyene, A., Luis, P. y van der Bruggen, B. (2018). Assessment of the effluent quality of wet coffee processing wastewater and its influence on downstream water quality. *Ecology & Hydrobiology*, 18(2), 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2017.10.007>
- Drake, M. (2007). Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 4925–4937. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>

Dussán, S., Hurtado, D. y Camacho, J. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de Color de las Harinas de Quinua y Chontaduro. *Información Tecnológica*, 30(5), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500003>

Echeverria, M. y Nutu, M. (2017). Valorisation of the Residues of Coffee Agro-industry: Perspectives and Limitations. *Opening Access to Science*, 10, 13–22. <http://dx.doi.org/10.2174/1876400201710010013>

Elizondo, J. (2020). Estimación del suministro de proteína metabolizable en una ración para ganado de leche. *Nutrición Animal Tropical*, 14(2), 85–100. <https://doi.org/10.15517/nat.v14i2.44256>

Escudero, E. y González, P. (2006). La fibra dietética: Propiedades de la fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21(2). https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500007

Ferreira, S. (2007). *Pectinas: Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial* (1ª ed.). Colección Monografías. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Farmacia.

Fierro, N., Gonzales, O. y Morales, V. (2018). Caracterización Química y Nutricional de la Pulpa de Café (*Coffea arabica* L.): Características químicas de la pulpa de café de la especie *C. arabica* de la variedad Costa Rica. *Agro Productividad*, 11(4). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/261>

Flores, R., Carbajal, D., Baca, N. y Rodriguez, D. (2013). Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. https://sites.google.com/a/unitru.edu.pe/agroindustrial-science/contenidos/agroindscv3n2/agroindscv3n2_77-89?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1

García, E. (2010). *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado de galacturónico a partir de Citrus Paradisi* [Tesis de Pregrado]. Universidad de El Salvador, El Salvador. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/471/1/10136186.pdf>

García, E. y Fernández, I. (2018). *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación*. Universidad Politécnica de Valencia. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinaci%C3%B3n%20de%20humedad.pdf>

García, F. (2019). *Caracterización y desarrollo de una harina de pulpa de café (Coffea arabica): Granulometría* [Tesis Pregrado]. Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/3433/Tesis%20Maria%20Fernanda%20Garcia%20Pacay.pdf?sequence=1#:~:text=Se%20moli%C3%B3%20hasta%20obtener%20una,tiene%20un%20pH%20de%204.42>

Instituto Hondureño de café. (2022). *Exportaciones Y comercialización*. Instituto Hondureño de café (IHCAFE). <https://www.ihcafe.hn/>

Instituto Nacional De Estadísticas. (2015). *Boletín-del-Café-2012-2015*. Honduras. Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.gob.hn/V3/imag-doc/2019/07/Boletín-del-Café-2012-2015.pdf>

Kumar, A., Nigam, V., Vidyarti, A. y Hassan, A. (2016). Study of rheological properties and storage life of ripe jackfruit products: Jam and Jelly.

Machado, M., Esperitu Santo, L., Machado, S., Lobo, J., Costa, A., Olivera, M., Ferreira, H. y Alves, R. (2023). Bioactive Potential and Chemical Composition of Coffee By-Products: From Pulp to Silverskin: Nutritional Composition of Coffee By-Products. *Foods*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/foods12122354>

Márquez, B. (2014). *Cenizas y grasas: Teoría del Muestreo*. Universidad Nacional de San Agustín, Perú. <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e8bd5b97-f205-4b7e-bcd6-b34d7ab4fbe2/content>

Martínez, D. (2017). *Valores críticos de la distribución Ji cuadrado*. Universidad de Atacama. <https://mat.uda.cl/hsalinas/cursos/2010/eyp2/Tabla%20Chi-Cuadrado.pdf>

Muñoz Labrador, A. (2016). *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas* [Tesis Posgrado]. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España. <https://digital.csic.es/bitstream/10261/176559/1/LabradorTFMpectinasfresas.pdf>

Murthy, S. y Naidu, M. (2012). Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. *Food and Bioprocess Technology*, 5(3), 897–903. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0363-z>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2020). *Métodos de análisis*. México. FAO. <https://www.fao.org/3/y4705s/y4705s02.pdf>

Pineda, R., Reyes Fernández, C. y Oseguera, F. A. (2019). *Beneficiado y calidad del café*.

Real Academia Española. (2021). *Pectina*. <https://dle.rae.es/pectina>

Criterios microbiológicos para la inocuidad de jaleas, mermeladas y rellenos de frutas para pastelería. (2009 y rev. 67.04.50:08).

Rettig, M. y Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Food and Technology Science*, 2, 57–66. <http://revistas.uach.cl/pdf/agrosur/v42n2/art07.pdf>

Riaudo, M. (2001). Physicochemical properties of pectins in solution and gel states, 14, 21–33. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921042396802437>

Rodríguez, E. (2012). *Producción de ingrediente como gelificante a partir de cascara de maracuyá (Passiflora edulis var flavicarpa)* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Salazar, A. y Gamboa, A. (2013). Importancia de las pectinas en la dinámica de la pared celular durante el desarrollo vegetal. *Educación Bioquímica*, 32(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952013000200003

Serna, J., Torres, L., Martínez, K. y Hernández, C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Ion*, 31(1), 38–42. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>

Serrat, M., La Fé, Á., Montero, C. y La Fé, A. (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de. *Revista Cubana De Química*, 30(3), Artículo 3, 522–538. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443557797011>

Ulloa, J., Verreth, J., Amato, S. y Huisman, E. (2003). Biological treatments affect the chemical composition of coffee pulp. *Bioresource Technology*, 89(3), 267–274. [https://doi.org/10.1016/s0960-8524\(03\)00070-1](https://doi.org/10.1016/s0960-8524(03)00070-1)

Anexos

Anexo A

Hoja de evaluación sensorial

Boleta de evaluación

Prueba de aceptabilidad con escala hedónica y de preferencia

Jalea de mora

Fecha: _____

A continuación se le presentan dos muestra de jalea de mora, observe, pruebe y huela cada una de las muestras de jalea en el orden que se le presenta empezando por la muestra de la izquierda, antes y después de cada muestra coma un trozo de galleta y tome un sorbo de agua para limpiar su paladar.

1. Indique el grado en el que le gusta o disgusta cada muestra, seleccionando el puntaje en la cuadro No. 1, y colocándolo en la cuadro No. 2 al lado de cada atributo evaluado.

Cuadro No. 1. Escala hedónica

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta Extremadamente	Me disgusta mucho	Me disgusta moderadamente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta moderadamente	Me gusta mucho	Me gusta Extremadamente

Cuadro No. 2. Evaluación de atributos

Atributo	Código: _____	Código: _____
Color		
Olor		
Sabor		
Viscosidad		
Acidez		
Aceptación general		

Comentarios: _____

2. Indique cuál de las dos muestras prefiere, colocando el código de la muestra en el espacio inferior, luego indique el porqué de su elección?

Código _____

¿ Por qué? _____

Gracias por participar...

Anexo B

Grados Brix

Cuadro 12

Descripción de °Brix obtenidos en pruebas de gelificación con agua destilada.

Tratamiento	° Brix	° Brix Inicial	° Brix Intermedio	° Brix Final
	Concentración		Media ± desviación estándar	
T1 pectina comercial	0.25	0±0.00	15.8±0.20	65.3±0.20
T2 pulpa de café	2.5	0±0.00	16.2±0.15	65.1±0.20
T3 pulpa de café	5	0±0.00	17.2±0.30	65.4±0.2
T4 material gelificante	0.25	0±0.00	15.1±0.20	65.3±0.20
T5 material gelificante	0.5	0±0.00	15.6±0.35	65.6±0.20
T6 material gelificante	1	0±0.00	15.4±0.35	65.3±0.30
T7 material gelificante	1.5	0±0.00	16.1±0.2	65.3±0.1

Anexo C

pH

Cuadro 13

Descripción de resultados de pH en pruebas de gelificación con agua destilada.

Agente Gelificante	Ph		
	Concentración	pH Inicial	pH Final
T1 pectina comercial	0.25	3	3.50±0.12 ^a
T2 pulpa de café	2.5	3	3.57±0.04 ^a
T3 pulpa de café	5	3	3.64±0.03 ^a
T4 material gelificante	0.25	3	3.47±0.07 ^a
T5 material gelificante	0.5	3	3.58±0.06 ^a
T6 material gelificante	1	3	3.61±0.08 ^a
T7 material gelificante	1.5	3	3.63±0.07 ^a
%CV	-	-	2.21

Nota. %C.V.: coeficiente de variación. Medias de la misma columna con diferentes letras (a, b) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Anexo D

Chi-cuadrado

	0,001	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,04	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
g.d.l.															
1	10,828	7,879	6,635	5,412	5,024	4,709	4,218	3,841	2,706	2,072	1,642	1,323	1,074	0,873	0,708
2	13,816	10,597	9,210	7,824	7,378	7,013	6,438	5,991	4,605	3,794	3,219	2,773	2,408	2,100	1,833
3	16,266	12,838	11,345	9,837	9,348	8,947	8,311	7,815	6,251	5,317	4,642	4,108	3,665	3,283	2,946
4	18,467	14,860	13,277	11,668	11,143	10,712	10,026	9,488	7,779	6,745	5,989	5,385	4,878	4,438	4,045
5	20,515	16,750	15,086	13,388	12,833	12,375	11,644	11,070	9,236	8,115	7,289	6,626	6,064	5,573	5,132

Nota. Fuente: (Martinez, 2017). g.d.l.: Grados de libertad