

Universidad Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Extracción, caracterización y evaluación de material gelificante de
cáscara de manzana verde (*Malus domestica* var. *Granny Smith*)**

Estudiantes

Geldeng Olibeth Argueta Calix

Raquel Alejandra Segura Vega

Asesores

Sandra Espinoza, M.Sc.

Jorge Cardona, Ph.D.

Honduras, octubre 2025

Autoridades

KEITH ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

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
Fase I Extracción y Caracterización Físicoquímica del Material Gelificante	12
Rendimiento.....	15
Metodología para Determinar la Capacidad Gelificante del Material Extraído	15
Viscosidad	16
Color.....	16
Actividad de Agua	16
Fase II Elaboración de Mermelada de Fresa con Material Gelificante a pH 1.5 Comparada con Pectina Comercial	16
Análisis Sensorial.....	18
Análisis Físicoquímicos de Mermelada de Fresa.....	19
Color.....	19
Viscosidad	19
Actividad de Agua	19
pH.....	20
Grados Brix.....	20

Análisis Estadístico	20
Resultados y Discusión.....	21
Resultados de Fase I Extracción y Caracterización Físicoquímica del material Gelificante	21
Rendimiento.....	21
Viscosidad	22
Resultados Fase II Elaboración de Mermelada de Fresa, Análisis Físicoquímicos y Evaluación Sensorial	27
Conclusiones	37
Recomendaciones.....	38
Referencias.....	39
Anexos.....	46

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Rendimiento de extracción del material gelificante de cáscara de manzana verde a distintos pH.....	22
Cuadro 2 Resultados de viscosidad en prueba rápida del material gelificante extraído de cáscara de manzana verde a distintos pH.....	24
Cuadro 3 Resultados de análisis de color del material gelificante extraído de cáscara de manzana verde a distintos pH.	25
Cuadro 4 Resultados de actividad de agua del material gelificante a distintos pH.....	26
Cuadro 5 Resultados obtenidos en la prueba de aceptación de mermelada de fresa.....	29
Cuadro 6 Resultados del coeficiente de correlación de Pearson en relación con la aceptación general.	30
Cuadro 7 Resultados de prueba de preferencia en las mermeladas de fresa.	31
Cuadro 8 Resultados de color en mermelada de fresa en escala L a*b*.	32
Cuadro 9 Resultados de análisis de viscosidad de mermeladas de fresa.	33
Cuadro 10 Resultados de análisis de actividad de agua en mermelada de fresa.....	34
Cuadro 11 Resultados de análisis de pH en mermelada de fresa.....	35
Cuadro 12 Resultados de grados Brix en mermelada de fresa.....	36

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso de extracción del material gelificante de la cáscara de manzana verde.....	14
Figura 2 Flujo de proceso para la elaboración de la mermelada de fresa.....	18

Índice de Anexos

Anexo A Hidrólisis ácida de la cáscara de manzana verde.	46
Anexo B Filtración del material gelificante extraído.....	47
Anexo C Material gelificante precipitado con etanol.	48
AnexoD Tabla hedónica de 9 puntos.	49
Anexo E Boleta de evaluación sensorial.	50
Anexo F Panelistas.	51
Anexo G Tabla de valores críticos Tests pareadaos.	52

Resumen

El incremento de residuos agroindustriales, como la cáscara de manzana, representa una problemática ambiental y una oportunidad para obtener compuestos funcionales con valor agregado. Esta investigación tuvo como finalidad la extracción, caracterización y evaluación de un material gelificante obtenido a partir de la cáscara de manzana verde mediante hidrólisis ácida, y su comparación con una pectina comercial en la elaboración de mermelada de fresa. El estudio se desarrolló en dos fases. En la primera, se efectuó la extracción del material bajo condiciones de pH controladas (1.5, 2.0 y 2.5), evaluando parámetros fisicoquímicos como rendimiento, viscosidad, color y actividad de agua. Los resultados demostraron que el tratamiento a pH 1.5 presentó el mayor rendimiento de extracción (1.70%) y viscosidad (75.76 cP), con valores de a_w similares a la pectina cítrica comercial (0.51 frente a 0.53), lo que asegura estabilidad microbiológica y su aplicación en matrices alimentarias. En la segunda fase, se elaboraron mermeladas de fresa utilizando el material gelificante extraído a pH 1.5 y una pectina comercial, evaluando sus características fisicoquímicas (pH, °Brix, viscosidad, color y a_w) y sensoriales con 100 panelistas. Los resultados no mostraron diferencias significativas en °Brix (65.7) y pH (3.0), además de una alta aceptación sensorial en ambas formulaciones, calificadas entre “me gusta moderadamente” y “me gusta mucho” según la escala hedónica. Se concluye que el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde posee propiedades funcionales comparables a la pectina comercial, constituyéndose en una alternativa sostenible y económica para la industria alimentaria.

Palabras clave: cáscara de manzana, hidrólisis ácida, mermelada, pectina, viscosidad.

Abstract

The increase in agro-industrial waste, such as apple peel, represents both an environmental problem and an opportunity to obtain functional compounds with added value. This research aimed to extract, characterize, and evaluate a gelling agent obtained from green apple peel via acid hydrolysis, and to compare it with commercial pectin in the production of strawberry jam. The study was conducted in two phases. In the first phase, the material was extracted under controlled pH conditions (1.5, 2.0, and 2.5), evaluating physicochemical parameters such as yield, viscosity, color, and water activity. The results demonstrated that the pH 1.5 treatment yielded the highest extraction yield (1.70%) and viscosity (75.76 cP), with a_w values like those of commercial citrus pectin (0.51 vs. 0.53), ensuring microbiological stability and its applicability in food matrices. In the second phase, strawberry jams were prepared using the gelling material extracted at pH 1.5 and a commercial pectin, evaluating their physicochemical characteristics (pH, °Brix, viscosity, color, and a_w) and sensory attributes with 100 panelists. The results showed no significant differences in °Brix (65.7) or pH (3.0), and both formulations exhibited high sensory acceptance, rated between “moderately like” and “very much like” on the hedonic scale. It is concluded that the gelling material extracted from green apple peel possesses functional properties comparable to commercial pectin, making it a sustainable and cost-effective alternative for the food industry.

Keywords: acid hydrolysis, apple peel, jam, pectin, viscosity.

Introducción

En la actualidad, la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de los recursos se han convertido en prioridades clave dentro de las industrias, especialmente en el sector alimentario. Esta industria se enfrenta al reto constante de minimizar el impacto ambiental de sus procesos productivos, lo cual implica la búsqueda de alternativas para reutilizar subproductos y residuos generados en la transformación de materias primas. Según lo indica Zhang et al. (2021) la gestión de los subproductos frutihortícolas industriales es importante no sólo para disminuir el volumen de residuos alimentarios acumulados en los vertederos, sino también para desarrollar estrategias mediante la reutilización con el fin de valorizarlos y añadir valor económico.

La industria de jugos de manzana generan aproximadamente 20 millones de toneladas de bagazo al año en todo el mundo, hasta un 50% de la materia prima puede transformarse en residuos sólidos como cáscaras, frutos inmaduros o dañados (Virk y Sogi, 2004). El bagazo de manzana es un material residual sólido o semisólido que se encuentra constituido por cáscaras, semillas y pedúnculo, puede representar entre un 20% y un 40% del peso de las frutas procesadas, dependiendo de la tecnología utilizada en la extracción del jugo concentrado. Según Macagnan et al. (2015), es un recurso favorable que posee características de gran importancia nutricional, siendo de interés su aprovechamiento (Zhang et al., 2021). Villamil-Galindo y Piagentini (2022) mencionan que los residuos de la cáscara de manzana constituyen una gran fuente económica de compuestos fenólicos y pectina con un 4.6% y el 20.9% respectivamente, por lo que variadas investigaciones proponen un mejor uso del residuo con grandes beneficios económicos, considerando ampliar la producción de pectina y crear un suministro sostenible (Dranca et al., 2021).

Estudios como los de Muñoz (2011) demuestran que de la parte del fruto de la que se extrae la pectina es la cáscara la más empleada, ya que 73% de las investigaciones la utilizaron como fuente de extracción, la pulpa de los frutos fue la segunda fuente más utilizada con 14% y el albedo solo obtuvo el 6%.

La pectina es un polisacárido estructural presente en las paredes celulares de muchas frutas, conocido por sus propiedades gelificantes y espesantes (Voragen et al., 2009). Este compuesto tiene múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de mermeladas, confitería, productos lácteos, bebidas y salsas, entre otros (Moreno et al., 2016). Tradicionalmente, la pectina se obtiene de cítricos o manzanas, pero su extracción a partir de residuos como la cáscara representa una alternativa más sostenible y rentable, alineada con los principios de la economía circular. Esta estrategia no solo contribuye a la reducción de desechos, sino que también permite la obtención de ingredientes funcionales de valor comercial.

La extracción de pectina de la cáscara de manzana se realiza a través de distintos métodos, sin embargo, estudios realizados por (Eggenberger Vásquez, 2023), indican que la hidrólisis ácida es el más adecuado para obtener un mejor rendimiento en la extracción de pectina de residuos de cáscara de manzana, Vázquez-Chávez, L. y Zarazúa-Sánchez, Z. (2023), indican que el rendimiento aproximado utilizando este método de extracción es del 14%.

En este contexto, esta investigación busca contribuir al desarrollo de soluciones sostenibles que promuevan el uso eficiente de los recursos y el fortalecimiento de la agroindustria, y tiene como objetivo evaluar el rendimiento de extracción del material gelificante a partir de la cáscara de manzana verde por medio de hidrólisis ácida, comparar las características fisicoquímicas con las de la pectina comercial y evaluar su aplicación en un producto alimenticio como la mermelada de fresa.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano; ubicada en el departamento de Francisco Morazán, Valle de Yeguate, Honduras. Las muestras del material gelificante se obtuvieron de la cáscara de manzana verde de la variedad *Granny Smith*; tanto su extracción, como los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ). Posteriormente, se llevó a cabo la elaboración de la mermelada de fresa en la Planta de Innovación de Alimentos (PIA), seguido por un análisis sensorial, en el Laboratorio de Análisis Sensorial de Zamorano.

El estudio se desarrolló en dos fases. En la primera, se realizó la extracción y caracterización fisicoquímica del material gelificante obtenido a partir de la cáscara de manzana verde. La segunda fase consistió en la elaboración de una mermelada de fresa utilizando dos tipos de agentes gelificantes: pectina cítrica comercial y el material gelificante extraído previamente. Posteriormente, se llevó a cabo una evaluación sensorial mediante pruebas afectivas aplicadas a ambos tratamientos. Finalmente, a las mermeladas evaluadas se les realizaron análisis de actividad de agua, color, viscosidad, pH y °Brix con el propósito de identificar sus diferencias fisicoquímicas.

Fase I Extracción y Caracterización Fisicoquímica del Material Gelificante

La obtención del material gelificante se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, mediante un proceso de extracción por hidrólisis ácida utilizando ácido clorhídrico (HCl) a una concentración de 0.1 N tal como se muestra en la Figura 1. Para ello, se pesaron 136 gramos de cáscara de manzana verde, se midieron 200 mililitros de agua destilada y se ajustó el pH de la solución a los niveles deseados (1.5, 2.0 y 2.5) mediante la adición gradual de HCl. Se seleccionaron estos pH siguiendo los estudios de Prakash Maran et al. (2013), en donde demuestra que el máximo rendimiento de extracción de material gelificante de residuos de frutas se encuentra en pH 1.5 y que este rendimiento disminuye en valores inferiores pues el medio ya no es apto para el material

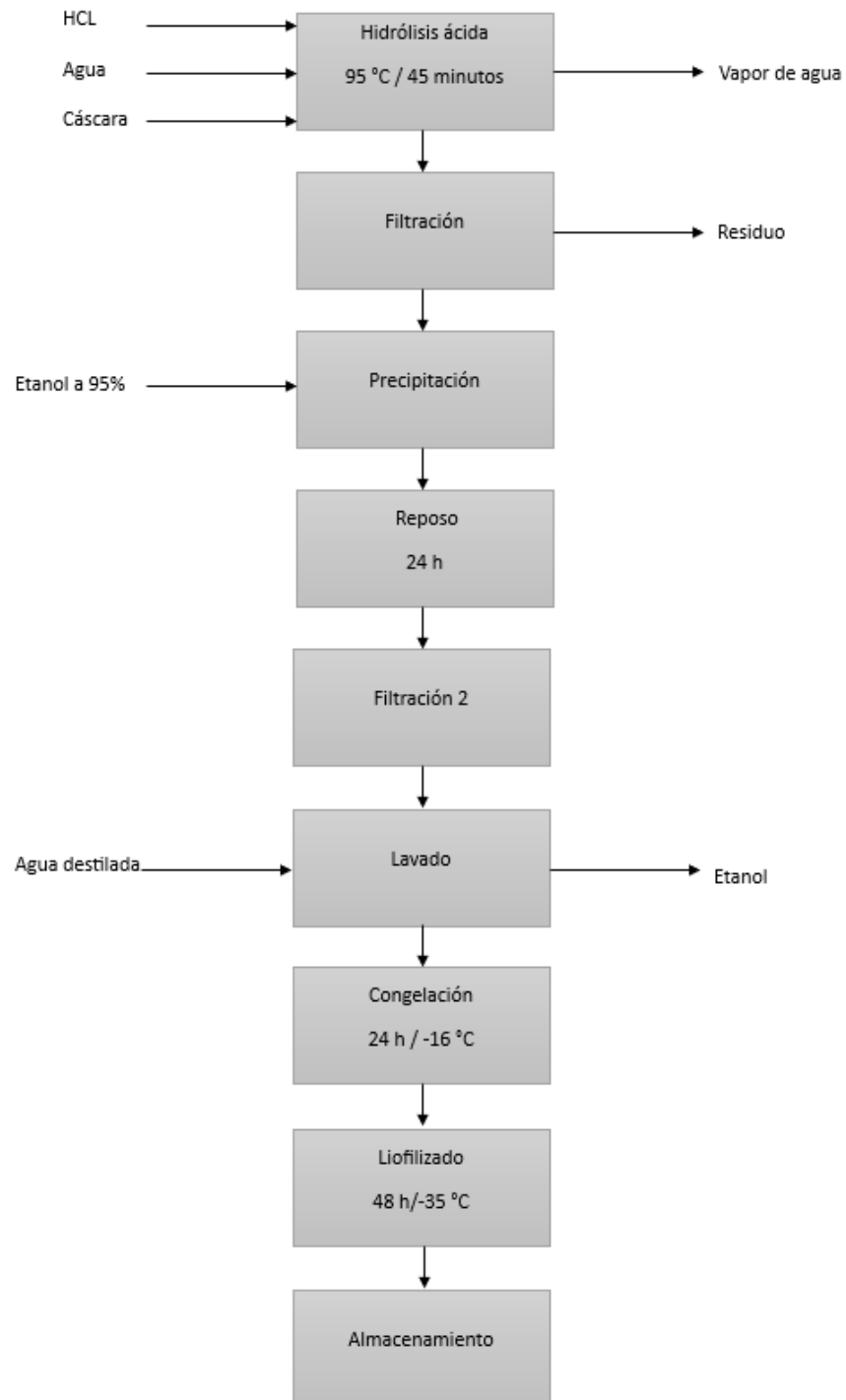
gelificante (pectina) y esta inicia un proceso de degradación. Además, Eggenberger Vásquez (2023) menciona que en hidrólisis ácida es donde se lleva a cabo la ruptura del enlace entre el carboxilo y metilo, al disminuir el pH de la extracción se tiene un aumento en el rendimiento, por ello, se debe mantener un pH entre 1 y 3. Es importante mencionar que a pH más altos solamente se logra hidrolizar un porcentaje muy bajo.

Una vez alcanzando el pH correspondiente a cada tratamiento, la mezcla de cáscara y agua se colocó en un matraz Erlenmeyer y se sometió a agitación constante utilizando un agitador magnético, hasta alcanzar una temperatura de entre 90 y 95 °C. En estas condiciones, la extracción se mantuvo durante 45 minutos. Finalizando este tiempo, la mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se filtró para separar el material sólido grueso del líquido. El líquido filtrado, ya con menos sólidos, fue sometido a una segunda filtración con bomba de vacío para obtener una solución más limpia. A continuación, se le añadieron dos volúmenes de etanol al 95% con el fin de precipitar los compuestos solubles, entre ellos el material gelificante. La mezcla fue refrigerada (4 °C) durante aproximadamente 12 horas, tras lo cual se realizó una nueva filtración para separar el etanol precipitado. El material gelificante fue posteriormente lavado varias veces con agua destilada para eliminar los residuos de etanol.

Finalmente, el material gelificante obtenido fue congelado a -35 °C y posteriormente liofilizado durante un periodo de entre 24 y 32 horas. Una vez seco, se procedió a su caracterización, evaluando los siguientes parámetros: color (sistema CIE L*a*b), actividad de agua, pH y capacidad gelificante a través de pruebas de viscosidad.

Figura 1

Flujo de proceso de extracción del material gelificante de la cáscara de manzana verde.



Rendimiento

Para determinar el rendimiento de extracción del material gelificante, se consideró la cantidad de materia prima utilizada (136 gramos de cáscara de manzana verde) y la masa del gelificante seco obtenida tras el proceso de liofilización. El objetivo fue calcular el porcentaje de rendimiento para cada uno de los tratamientos evaluados, correspondientes a los diferentes niveles de pH (1.5, 2.0 y 2.5) y así poder comparar la eficiencia del proceso de extracción en cada condición. El cálculo del rendimiento se realizó utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{MGL}{MP} \times 100 \quad [1]$$

Siendo:

MGL = material gelificante liofilizado (gramos).

MP = materia prima utilizada (gramos).

Metodología para Determinar la Capacidad Gelificante del Material Extraído

Para evaluar la capacidad de gelificación, se realizaron análisis exploratorios mediante la preparación de los tratamientos siguiendo los parámetros de pH 3 y 65 °Brix, características propias de una mermelada según M. Legua (2022). Se pesó cuidadosamente 1 gramo de material gelificante extraído a pH 1.5, 2.0 y 2.5, así como la pectina cítrica comercial utilizando una balanza analítica de precisión Ohaus Adventurer™. La prueba preliminar consistió en preparar una solución de agua destilada acidificada con HCl 0.1 N, ajustada a pH de 3.0. Para cada tratamiento, se utilizaron 150 mililitros de esta solución y se añadieron 150 gramos de azúcar. Se agregó en un beaker de 300 mililitros la solución preparada de HCl y se calentó hasta obtener 60 °C, al llegar a esta temperatura se agregó 1 gramo de material gelificante o pectina cítrica comercial junto a 90 gramos de azúcar, agitando hasta disolver. Luego, la mezcla se calentó a una temperatura superior a 80 °C en una hornilla

con agitador magnético y se agregaron los 60 gramos de azúcar restantes. La agitación se continuó hasta alcanzar una concentración de sólidos solubles de 65 °Brix.

Viscosidad

El análisis se llevó a cabo siguiendo el método ISO 1652:2004, se utilizó un viscosímetro digital VISCOTM®, con un acople A1L, a una velocidad de 250 rpm y a una temperatura controlada de 25±1 °C. El análisis se llevó a cabo para cada tratamiento, incluyendo los materiales gelificantes extraídos a pH 1.5, 2 y 2.5, así como la pectina cítrica comercial, considerando tres repeticiones por tratamiento. Los resultados de esta prueba de viscosidad se expresaron en centipoise (cP).

Color

Este análisis se realizó mediante el método AN 1018.00. Inicialmente, se calibró el equipo ColorFlex Hunter L*a*b* configurando los parámetros de medición según las especificaciones del laboratorio. Posteriormente, se realizaron las mediciones en triplicado para cada tratamiento, registrando los valores correspondientes a los parámetros L*, a*, b* en cada repetición.

Actividad de Agua

El análisis se llevó a cabo mediante el método AOAC 978.18, utilizando el equipo GOYOGO® GY1. Previamente, se verificó la calibración del equipo, posteriormente, se procedió a analizar cada una de las muestras, colocándolas en la copa de medición correspondiente. Se esperó un tiempo de estabilización de entre 5 y 8 minutos para obtener el valor de a_w el cual fue registrado para cada tratamiento.

Fase II Elaboración de Mermelada de Fresa con Material Gelificante a pH 1.5 Comparada con Pectina Comercial

En la Figura 2 se muestra el proceso de elaboración de la mermelada de fresa el cual inició con el pesado de los ingredientes: 286 g de fresas (41.30%), 343 g de azúcar (49.53%), 38.32 g de jugo de limón (4.68%), 29 g de agua (4.19%) y los aditivos correspondientes: 1.75 g de pectina comercial o

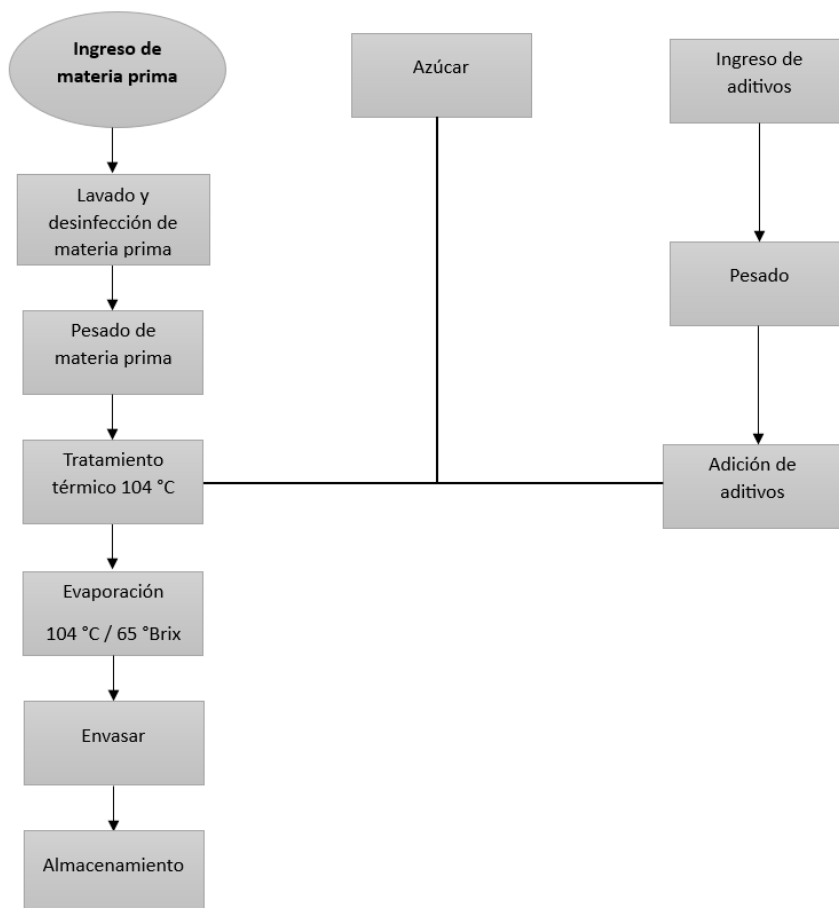
material gelificante extraído (0.25%), 0.29 g de benzoato de sodio (0.04%) y 0.10 g de bisulfito de sodio (0.01%).

Posteriormente, se realizó un lavado a las frutas y luego la desinfección con cloro orgánico a una solución del 70 % por 30-60 segundos, con el propósito de reducir la carga microbiana inicial y garantizar la inocuidad del producto. Las fresas se colocaron en una olla de cocción lenta Instant Pot® Duo Nova y se sometieron a un proceso térmico controlado hasta alcanzar una temperatura de 104 °C durante 45 minutos. Una vez cocidas, se incorporaron los aditivos (previamente diluidos en 15 mililitros de agua) en el orden correspondiente (bisulfito de sodio, benzoato de sodio y pectina comercial o material gelificante) asegurando una gelificación y estabilidad adecuadas mediante agitación constante y manteniendo de la temperatura.

Posteriormente, el azúcar se adicionó en dos etapas en la primera se agregó 243 gramos y en la segunda etapa 100 gramos, favoreciendo su disolución y contribuyendo al desarrollo del sabor y la textura característica del producto final. Una vez se alcanzó los 65 °Brix la mezcla se envasó en caliente generando vacío, asegurando la conservación, la inocuidad y la adecuada textura del producto.

Figura 2

Flujo de proceso para la elaboración de la mermelada de fresa.



Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial afectivo mediante pruebas de aceptación y preferencia, participaron 100 panelistas no entrenados (estudiantes de Zamorano de los diferentes años). Se proporcionó a cada panelista una bandeja con dos muestras de mermelada de fresa codificadas con un número de tres dígitos al azar para cada muestra.

En la prueba de aceptación, se evaluaron seis atributos: color, olor, sabor, acidez, viscosidad y aceptación general a través de una escala hedónica de 9 puntos, donde 9 significa me gusta extremadamente y 1 me disgusta extremadamente. En la prueba 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 Físicoquímicos de Mermelada de Fresa

Para determinar las características físicoquímicas de la mermelada de fresa, se llevaron a cabo análisis de color, viscosidad, actividad de agua, pH y °Brix para conocer las propiedades del producto final elaborado con el material gelificante extraído (pH 1.5) y con la pectina cítrica comercial.

Color

Este análisis se llevó a cabo mediante el método AN 1018.00 para los dos tratamientos evaluados en mermelada de fresa con el fin de comparar sus características de color. Inicialmente, se calibró el equipo ColorFlex Hunter L*a*b* configurando los parámetros de medición según las especificaciones del laboratorio. Posteriormente, se realizaron las mediciones en triplicado para cada tratamiento, registrando los valores correspondientes a los parámetros L*, a*, b* en cada repetición.

Viscosidad

El análisis se llevó a cabo mediante el método ISO 1652:2004, con el viscosímetro digital VISCOTM® utilizando un acople A1L, a una velocidad de 5 rpm y a una temperatura controlada de 25 ± 1 °C. La medición se realizó a los dos tratamientos, en tres repeticiones. Los resultados de viscosidad se expresaron en centipoise (cP).

Actividad de Agua

El análisis de actividad de agua (a_w) se realizó utilizando el método AOAC 978.18 y el equipo GOYOGO® GY1. Previamente, se verificó la calibración del equipo, posteriormente, se procedió a analizar cada una de las muestras de los tratamientos evaluados, colocándolas en la copa de medición correspondiente. Se esperó un tiempo de estabilización de entre 5 y 8 minutos para obtener el valor de a_w el cual fue registrado para cada tratamiento y repetición.

pH

El análisis de pH se realizó utilizando el método AOAC 981.12 y con el equipo ATAGO® PAL-BX1ACID F5, previamente calibrado. Posteriormente, se procedió a medir el pH de cada una de las muestras correspondientes a los diferentes tratamientos evaluados, sumergiendo el electrodo en la muestra hasta obtener una lectura estable. El valor registrado fue anotado para cada tratamiento y repetición.

Grados Brix

La determinación de sólidos solubles totales (°Brix) se realizó utilizando el método AOAC 983.17 y un refractómetro digital ATAGO® PAL-BXIACID F5 previamente calibrado con agua destilada. Posteriormente, se colocó una gota de cada muestra de los tratamientos evaluados en el prisma del equipo y se obtuvo la lectura directa en °Brix. El valor registrado fue anotado para cada tratamiento y repetición.

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos durante la evaluación de este estudio fueron analizados utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS®). En la primera fase, se obtuvieron tres niveles de pH (1.5, 2 y 2.5) considerados como tratamientos y tres repeticiones para un total de nueve unidades experimentales, se utilizó un DCA (Diseño Completamente al Azar), se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con un nivel de confianza del 95% y una separación de medias Tukey.

Para la fase II, se obtuvieron 2 tratamientos (mermelada de fresa con pectina cítrica comercial y mermelada de fresa con material gelificante extraído a pH 1.5) con tres repeticiones para un total de seis unidades, se utilizó un diseño de muestras independientes y una prueba t-student. Un análisis de correlación de Pearson entre atributos y aceptación general. Adicionalmente, la preferencia de los panelistas se determinó mediante una prueba binomial con un nivel de confianza del 95%.

Resultados y Discusión

Resultados de Fase I Extracción y Caracterización Físicoquímica del material Gelificante

Para caracterizar el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde, se realizaron inicialmente cálculos de rendimiento de extracción, así como análisis físicoquímicos. Estos estudios permitieron evaluar y determinar las propiedades y características del material gelificante, asegurando su correcta identificación y su capacidad gelificante para su aplicación posterior.

Rendimiento

Se evaluó el rendimiento de extracción del material gelificante a distintos niveles de pH (1.5, 2.0 y 2.5). El tratamiento a pH 1.5 presentó el mayor rendimiento, con una media de 1.70% (Cuadro 1). Este resultado coincide con lo reportado por Torres-Mendoza et al. (2023), quienes mencionan que, a temperatura y tiempo constantes, una disminución del pH a 1.5 favorece el incremento del rendimiento, obteniendo un porcentaje mayor (0.65%) de material gelificante, en comparación con el pH 2.5, donde se reportó un rendimiento menor de 0.39%. De forma similar, en este estudio se observó que el pH 2.5 presentó un menor rendimiento (1.25%) en comparación con pH 1.5, confirmando que, a medida que aumenta el pH de extracción, el rendimiento disminuye. Asimismo, se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas en rendimiento entre los tratamientos a pH 2.0 y 2.5, cuyas medias fueron $1.29\% \pm 0.07$ y $1.25\% \pm 0.10$, respectivamente.

Por lo tanto, el rendimiento obtenido a pH 1.5, permitió evidenciar el efecto directo del medio ácido en la eficiencia de extracción. También, se tienen registros en estudios de Prakash Maran et al. (2013), en donde se demostró que el máximo rendimiento de extracción de material gelificante de residuos de frutas se encuentra en pH 1.5 y que este rendimiento disminuyó en valores inferiores, pues el medio ya no era apto para el material gelificante (pectina) y esta inició un proceso de degradación. (Thirugnanasambandham et al., 2014), mencionan que el bajo rendimiento de extracción del material gelificante (pectina) a pH 2.5 podría deberse a que al incrementar considerablemente el pH se favoreció la desmetoxilación y la hidrólisis parcial de la pectina. Estos

procesos modifican su estructura química, reduciendo su grado de metoxilación y su capacidad para formar geles, lo que limita su recuperación. Además, un pH más elevado pudo afectar la solubilidad de los compuestos pépticos, impidiendo su completa liberación de la matriz celular. A pH bajos como 1.5, la alta concentración de iones de hidrógeno en el solvente favorece la hidrólisis de la protopectina, que es la forma insoluble de pectina presente en la pared celular de la fruta, convirtiéndola en pectina soluble (Zegada, 2015). Además, la presencia de iones de hidrógeno permitió que los grupos carboxilato de la pectina se transformasen en grupos de ácido carboxílico, lo que reduce la repulsión entre las cadenas de polisacáridos. Como resultado, se facilitó la formación de la red tridimensional responsable de la textura gelificante característica de la pectina (Liew et al., 2014).

Estos hallazgos respaldan la elección del tratamiento a pH 1.5 como el más eficiente para la obtención de material gelificante a partir de cáscara de manzana verde en las condiciones evaluadas, alineándose con lo reportado por la literatura.

Cuadro 1

Rendimiento de extracción del material gelificante de cáscara de manzana verde a distintos pH.

Tratamiento	Rendimiento (%)
	Media \pm desviación estándar
pH 1.5	1.70 \pm 0.11 ^a
pH 2	1.29 \pm 0.07 ^b
pH 2.5	1.25 \pm 0.10 ^b
%CV	7.15
Probabilidad	<0.0027

Nota. %CV: Coeficiente de variación, P: probabilidad <0.05. Medias de la misma columna con diferentes letras (a, b, c) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Viscosidad

Se evaluó la viscosidad del material gelificante extraído por medio de hidrólisis ácida bajo diferentes condiciones de pH, con el objetivo de determinar el impacto del tratamiento ácido sobre esta propiedad reológica. La viscosidad se midió en centipoises (cP) utilizando un viscosímetro rotacional, a temperatura ambiente (25 ± 1 °C) y velocidad fija, asegurando condiciones como los 65°Brix y pH 3.0 simulando una mermelada con el material gelificante y pectina comercial. En el cuadro

2, se puede observar el coeficiente de variación global de 4.3%, indicando una alta precisión en las mediciones y, por lo tanto, una baja dispersión de los datos, lo que respalda la confiabilidad del experimento.

El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.0434$), evidenciando que el pH influyó directamente en la viscosidad del material gelificante. El tratamiento de extracción con pH 1.5 presentó el mayor valor de viscosidad (75.76 ± 0.60 cP) superior al resto de tratamientos incluida la pectina comercial, los cuales no mostraron diferencias significativas entre ellos, tal como se muestra en el Cuadro 2. Esta diferencia se atribuye a la protonación de grupos carboxilos en las cadenas de pectina, favoreciendo interacciones de los puentes de hidrógeno que aumentan a la resistencia del flujo (Vázquez-Chávez y Zarazúa-Sánchez, 2023). Esto sugiere que, en ambientes altamente ácidos, el material puede exhibir un comportamiento más viscoso, lo que resulta favorable para su aplicación en matrices alimentarias que requieran agentes texturizantes o estabilizantes de alto rendimiento (Quillupangui, 2022). Como bien se sabe la pectina se encuentra reconocida por la FAO como un aditivo seguro sin restricciones de uso (Pua et al., 2016), tiene la propiedad de formar geles en medio ácidos y en presencia de azúcares; por este motivo, se utiliza en la industria alimentaria en combinación con los azúcares como un agente espesante, en la fabricación de mermeladas y confituras.

Estos resultados concuerdan con Maneerat et al. (2017), quienes demostraron que los extractos obtenidos a pH ácido presentan una mayor capacidad gelificante y una viscosidad superior. Esto refuerza la viabilidad del uso del material gelificante obtenido a pH 1.5 como una alternativa funcional en la formulación de productos alimenticios, especialmente en aquellos donde la viscosidad es un parámetro clave para la aceptabilidad sensorial y la estabilidad durante el almacenamiento. Además, el uso de este tipo de material gelificante podría representar una opción más sostenible y económica, favoreciendo el aprovechamiento de subproductos agroindustriales como la cáscara de manzana.

Cuadro 2

Resultados de viscosidad en prueba rápida del material gelificante extraído de cáscara de manzana verde a distintos pH.

Tratamiento	Viscosidad (cP)
	Media \pm desviación estándar
Control	70.06 \pm 2.69 ^b
pH1.5	75.76 \pm 0.60 ^a
pH2	66.91 \pm 4.77 ^b
pH2.5	70.77 \pm 2.63 ^b
%CV	4.3
Probabilidad	<0.0434

Nota. %CV: Coeficiente de variación, P: probabilidad <0.05. Medias de la misma columna con diferentes letras (a, b, c) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Color

La caracterización de color del material gelificante es crucial para evaluar su pureza y potencial de aplicación en alimentos según lo indica (Valdes Restrepo et al., 2023), como en este caso, un color claro y estable es preferido para evitar alteraciones en el producto final. La determinación de los parámetros CIE $L^*a^*b^*$ permite identificar cambios cromáticos relevantes. En el cuadro 3, los resultados reflejan que no hubo diferencias de acuerdo con los valores de L^* entre los diferentes tratamientos, mostrando un valor de $P > 0.05$, lo que indica que la claridad en el material gelificante extraído no se ve afectado por el nivel de pH. Esto concuerda con Meenaloshini G et al. (2024), que afirma que la acidificación en la extracción no impacta de forma severa en la claridad de cualquier polvo liofilizado.

Sin embargo, se observan diferencias entre los valores de a^* y b^* . El segundo tratamiento, con pH 2.0, logra alcanzar un alto valor en a^* (3.63), lo que indica que, bajo condiciones más ácidas, los extractos retienen tonalidades rojizas más intensas. Por otro lado, respecto al parámetro b^* , el control mostró un valor bajo (4.92), lo que indica una coloración amarillenta muy leve. En contraste, los tratamientos a pH 1.5 (8.26) y 2.5 (10.62), alcanzaron valores más altos, evidenciando una coloración amarilla más intensa, que probablemente esté relacionada con la degradación de la

clorofila o con reacciones de Maillard durante la extracción, dos fenómenos bastante comunes en los extractos de frutas y vegetales que han pasado por cierto proceso de liofilización (Kumar et al., 2015).

En general, se observa que entre más bajo fue el valor del pH, aumentaron en las tonalidades en rojo y amarillo lo que, a su vez, podría alterar el producto final en su apariencia si se utiliza en grandes concentraciones. Sin embargo, en ciertas formulaciones como mermelada de fresa, estos tonos podrían complementarse al color natural del fruto y no generar un impacto negativo, si se utiliza el material en las concentraciones adecuadas. Cabe recalcar que para los valores de L*, a* y b*, el coeficiente de variación fue bajo, lo que refleja una consistencia entre las repeticiones de los tratamientos.

Cuadro 3

Resultados de análisis de color del material gelificante extraído de cáscara de manzana verde a distintos pH.

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media ± desviación estándar		
Control	73.76±0.16 ^a	8.72 ± 0.56 ^c	4.92±0.28 ^a
pH1.5	67.39±4.90 ^a	2.72 ± 0.98 ^a	8.26±0.68 ^{ab}
pH2	70.23±0.53 ^a	3.63±0.43 ^{bc}	7.72±1.38 ^a
pH2.5	68.06±1.46 ^a	1.11±1.11 ^b	10.62±0.24 ^b
%CV	3.68	1.35	3.76
Probabilidad	>0.0608	<0.0023	<0.0439

Nota. %CV: Coeficiente de variación, P: probabilidad <0.05. Medias de la misma columna con diferentes letras (a, b, c) son significativamente diferentes (P≤0.05). Escala L*a*b*, donde L* (0 = oscuro y 100 = luminoso), a* (positivo = rojo y negativo = verde), b* (positivo = amarillo y negativo = azul)

Actividad de Agua

La determinación de la actividad de agua (a_w) en el material gelificante extraído permite evaluar su estabilidad microbiológica y compararla con una pectina cítrica comercial, como parte del análisis de su viabilidad como sustituto funcional. Como lo indica Tapia (2020), la a_w es uno de los parámetros más eficientes para explicar las relaciones del agua con los microorganismos, ya que influye directamente en las respuestas microbiológicas en los alimentos.

En este estudio, tal como se muestra en el Cuadro 4 las diferencias entre tratamientos no fueron estadísticamente significativas ($P > 0.2837$), lo que indica un comportamiento similar en términos de control de a_w . Según Matsheka et al. (2014), explica que la actividad de agua mínima compatible con el crecimiento microbiano es de aproximadamente 0.60; por debajo de este valor, no se ha observado crecimiento en ningún tipo de microorganismo conocido, por lo tanto, dado que ambos valores están por debajo del umbral 0.60, se considera que ninguno de los materiales gelificantes liofilizados favorece el crecimiento de microorganismos patógenos o alterantes, lo cual es un indicador clave para asegurar la estabilidad del producto durante su almacenamiento.

Según Espín (2012), la calidad y seguridad de un alimento dependen de su estabilidad microbiológica, propiedades físicas y sensoriales, así como de la velocidad de los cambios químicos que afectan su vida útil. En este contexto, se podría considerar que la vida útil del material gelificante extraído puede ser similar a la de la pectina cítrica comercial, cuya ficha técnica indica una duración de hasta 24 meses bajo condiciones adecuadas de almacenamiento.

Por lo tanto, la similitud en los valores de a_w respalda el uso del material gelificante extraído como alternativa viable, al ofrecer características de estabilidad comparables que podrían contribuir a una vida útil prolongada en productos alimenticios.

Cuadro 4

Resultados de actividad de agua del material gelificante a distintos pH.

Tratamiento	a_w
	Media \pm desviación estándar
Control	0.53 \pm 0.005 ^a
pH1.5	0.51 \pm 0.02 ^a
pH2	0.51 \pm 0.03 ^a
pH2.5	0.49 \pm 0.04 ^a
%CV	5.23
Probabilidad	>0.2837

Nota. %CV: Coeficiente de variación, P: probabilidad <0.05. Medias de la misma columna con letras diferentes (a, b, c) son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Resultados Fase II Elaboración de Mermelada de Fresa, Análisis Fisicoquímicos y Evaluación Sensorial

Luego de determinar al material gelificante extraído a pH 1.5 como el mejor tratamiento que cumplió con los parámetros deseados como viscosidad, pH, color y actividad de agua, se procedió a la elaboración de la mermelada de fresa en donde se logró evaluar distintas características fisicoquímicas y sensoriales del material gelificante y compararlo con la pectina comercial.

Análisis Sensorial

Se realizó el análisis sensorial con el objetivo de evaluar la percepción de los atributos del producto en este caso de mermelada de fresa elaborada con material gelificante sustituyendo la pectina comercial. Se evaluaron seis atributos; color, olor, sabor, acidez, viscosidad y aceptación general a través de una escala hedónica de nueve puntos y una prueba de preferencia. Según González (2014), estas pruebas son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos y cada vez se utilizan con mayor frecuencia en las empresas debido a que son los consumidores quienes, en última instancia, convierten un producto en éxito o fracaso. La escala hedónica es la más utilizada para medir la aceptabilidad de consumidores, siendo una escala sencilla de aplicar y que no requiere de instrucciones verbales complejas.

Como se muestran en el Cuadro 5 la mermelada elaborada con pectina comercial presentó en el atributo de color una media de 7.77 ± 1.25 , mientras que la elaborada con material gelificante mostró un valor ligeramente superior 7.96 ± 1.02 , ambas ubicadas en la categoría de “me gusta mucho” según la escala hedónica. El análisis estadístico no reveló diferencias significativas ($P > 0.1498$), reflejando que el color de ambas mermeladas fue aceptado por los panelistas. Resultados similares fueron reportados por Cueva et al. (2023) quienes, al evaluar mermeladas de fresa elaboradas bajo diferentes tratamientos, las variaciones en la formulación no afectan de manera significativa la percepción del color, confirmando que este atributo mantiene una buena aceptación sensorial aun con el uso de gelificantes alternativos. Respecto al atributo de olor, la mermelada con pectina

comercial alcanzó una media de 7.52 ± 1.48 , mientras que la elaborada con material gelificante obtuvo 7.51 ± 1.58 , las cuales se posicionan en “me gusta mucho” según la escala hedónica. Dado que las diferencias en las medias fueron mínimas, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P > 0.9430$), indicando que ambas mermeladas tuvieron una buena aceptación en el atributo de olor. De manera similar, Díaz Arreaga et al. (2023) reportó que, en evaluaciones sensoriales de mermeladas elaboradas con pectinas no convencionales, los puntajes obtenidos en el atributo de olor se ubicaron en rangos de aceptación cercanos a los de las formulaciones con pectina comercial, sin diferencias significativas entre tratamientos.

En cuanto al sabor, ambos tratamientos obtuvieron valores muy similares 8.10 ± 0.97 para la mermelada con pectina comercial y 8.02 ± 1.22 para la mermelada con material gelificante, clasificándose en la categoría de “me gusta mucho”. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.5937$). Resultados similares han sido reportados por Loyola López y Acuña Carrasco (2021) quienes encontraron que, en mermeladas elaboradas con diferentes formulaciones, los tratamientos con características sensoriales comparables obtuvieron valores homogéneos en sabor, evidenciando que variaciones mínimas en los ingredientes no alteran significativamente, lo que sugiere que el uso del material gelificante como sustituto de la pectina comercial no influye negativamente en la aceptación del sabor del producto final.

La acidez se considera un atributo relevante para la percepción del sabor en mermeladas y puede influir en la aceptación del producto por parte de los consumidores (Cueva et al., 2023), en este caso no se presentó diferencias significativas ($P > 0.1666$) entre los tratamientos, cada tratamiento presentó medias cercanas (7.58 ± 1.43 y 7.39 ± 1.60). Esto indica que, aunque ambos se posicionaron en la escala de “me gusta moderadamente”, los panelistas no mostraron mayor aceptación por uno de los tratamientos, considerando una acidez agradable para las dos mermeladas evaluadas.

Con respecto al atributo de viscosidad, no se encontró diferencia significativa ($P > 0.7501$) entre tratamientos, este resultado es particularmente relevante, ya que indica que la sustitución de

la pectina comercial por el material gelificante extraído no afectó la captación de viscosidad de las mermeladas. La mermelada con material gelificante obtuvo un valor ligeramente superior con respecto a la media (7.47 ± 1.40), mientras la pectina comercial (7.42 ± 1.50), lo que sugiere que el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde presentó características reológicas similares a la pectina comercial, de acuerdo con la percepción de los panelistas. Es importante mencionar como estudios de Barazarte (2008), reflejan que la viscosidad en mermeladas influye significativamente en la aceptación, es un parámetro clave en la evaluación sensorial.

Estudios realizados por García Ahued (2014), indican que el análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizables con los sentidos humanos. Por lo tanto, la aceptación general es importante porque permite conocer de manera integral la percepción del consumidor sobre el producto. A diferencia de atributos específicos como sabor, olor, color o textura, la aceptación general refleja la experiencia completa de consumo y ayuda a responder si el producto fue bien recibido en el mercado. La mermelada con pectina comercial alcanzó una media de 8.02 ± 0.93 y la elaborada con material gelificante obtuvo 7.95 ± 0.99 posicionándose ambas en la categoría de “me gusta mucho”. El análisis estadístico no mostró diferencias significativas ($P > 0.5076$), lo que confirma que los panelistas mostraron una aceptación igual por ambas mermeladas sin inclinarse por una en especial.

Cuadro 5

Resultados obtenidos en la prueba de aceptación de mermelada de fresa.

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Acidez	Viscosidad	Aceptación general
	Media \pm desviación estándar					
Mermelada con pectina comercial	7.77 ± 1.25	7.52 ± 1.48	8.10 ± 0.97	7.58 ± 1.43	7.42 ± 1.50	8.02 ± 0.93
Mermelada con material gelificante	7.96 ± 1.02	7.51 ± 1.58	8.02 ± 1.22	7.39 ± 1.60	7.47 ± 1.40	7.95 ± 0.99
Probabilidad	>0.1498	>0.9430	>0.5937	>0.1666	>0.7501	>0.5076

Nota. P: probabilidad < 0.05 . Escala hedónica de 9 puntos, donde 1 “me disgusta extremadamente”, 5 “Ni me gusta, ni me disgusta”, y 9 “me gusta extremadamente”.

De acuerdo con los resultados del análisis de correlación de Pearson (Cuadro 6), el sabor fue el atributo con mayor influencia en la aceptación general de la mermelada, presentando una correlación positiva media (0.71991). En segundo lugar, la viscosidad mostró una correlación positiva baja (0.58365). Estos datos resultan favorables para la mermelada elaborada con material gelificante, ya que presentó valores similares en viscosidad respecto a la pectina comercial, lo que respalda su potencial como sustituto viable en la formulación.

El color ocupó un papel intermedio en la aceptación general (0.50609), mientras que los atributos de olor (0.4777) y acidez (0.44681) mostraron una menor contribución en comparación con los anteriores. No obstante, el hecho de que todos los atributos presentaran significancia estadística ($P < 0.0001$) confirma que cada uno de ellos influyó de manera diferenciada en la valoración global del producto.

Cuadro 6

Resultados del análisis de correlación (coeficiente de Pearson) de la aceptación general con los atributos sensoriales evaluados.

Atributo		Color	Olor	Sabor	Acidez	Viscosidad
Aceptación general	CCP	0.50609	0.4777	0.71991	0.44681	0.58365
	P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Nota. CCP: Coeficiente de Correlación de Pearson, P: probabilidad <0.05.

En la prueba de preferencia, realizada con un nivel de significancia del 5% y 100 panelistas, 56 de ellos se inclinaron por la mermelada elaborada con pectina comercial y 44 por la formulada con el material gelificante (Cuadro 7). Sin embargo, de acuerdo con el mínimo de juicios correctos de la prueba binomial para pruebas pareadas, el número mínimo de panelistas requerido para establecer una preferencia significativa al 5% es de 61. Dado que la muestra con mayor preferencia (56 panelistas) no alcanzó este valor crítico, la diferencia observada se considera atribuible al azar y, por lo tanto, estadísticamente no significativa. En consecuencia, ambas formulaciones pueden considerarse igualmente preferidas por los consumidores.

Cuadro 7

Resultados de prueba de preferencia en las mermeladas de fresa.

Tratamiento	Total de panelistas
Mermelada con pectina comercial	56
Mermelada con material gelificante	44
Mínimo de panelistas para establecer preferencia	61

Nota. el valor mínimo de panelistas para establecer preferencia fue tomado de la tabla de valores críticos test pareada.

Color

El análisis de color en las mermeladas elaboradas con el material gelificante extraído y la pectina comercial se evaluó mediante el sistema de CIELAB (Cuadro 8), permitió identificar diferencias en los parámetros de luminosidad (L^*), cromaticidad en el eje rojo-verde (a^*) y cromaticidad en el eje amarillo-azul (b^*). Los valores de luminosidad (L^*) mostraron cierta disminución en la mermelada con material gelificante (21.29 ± 2.70) respecto a la elaborada con la pectina comercial (22.42 ± 3.81). Sin embargo, no fue estadísticamente significativo entre los tratamientos ($P > 0.6987$). Como lo menciona Lu et al. (2021), en su estudio de pigmentos naturales, como antocianinas, carotenoides y flavonoides, son los responsables principales del color visible en los productos y que el agente gelificante actúa simplemente como soporte estructural, sin alterar la intensidad de luz reflejada.

En cuanto al parámetro a^* , que refleja la intensidad del color rojo, se presentó un valor levemente superior en la mermelada con el material gelificante (36.01 ± 0.82), en comparación con el producto con la pectina comercial (34.91 ± 4.96). Mostrando que no hubo diferencias significativas en los tratamientos, lo que indica que son estadísticamente iguales ($P > 0.7256$), lo cual favorece al producto con el material gelificante, pues una mermelada de fresa se caracteriza por su color rojo encendido (M. Legua, 2022).

Respecto al parámetro b^* , que mide el eje amarillo en color, los valores reflejaron similitud entre los tratamientos (29.87 ± 7.06 en la pectina comercial y 29.23 ± 0.52 con el material gelificante), sin diferencias significativas ($P > 0.8838$). Lo que indica que el tipo de agente gelificante no afectó significativamente la tonalidad amarillenta en el producto final. Resultados similares han sido

reportados en la literatura, donde se concluye que el valor del parámetro b^* no presenta variaciones significativas al emplear diferentes agentes gelificantes como cloruro de calcio (CaCl_2), la goma carragenina y la pectina de baja metoxilación (LM-pectina), evidenciando que la coloración amarilla del producto permanece estable independientemente de la fuente de pectina empleada (Dias et al. 2023).

Cuadro 8

*Resultados de color en mermelada de fresa en escala $L^*a^*b^*$.*

Tratamiento	L^*	a^*	b^*
	Media \pm desviación estándar		
Mermelada con pectina comercial	22.42 \pm 3.81	34.91 \pm 4.96	29.87 \pm 7.06
Mermelada con material gelificante	21.29 \pm 2.70	36.01 \pm 0.82	29.23 \pm 0.52
Probabilidad	>0.6987	>0.7256	>0.8838

Nota. P: probabilidad <0.05. Escala $L^*a^*b^*$, donde L^* (0 = oscuro y 100 = luminoso), a^* (positivo = rojo y negativo = verde), b^* (positivo = amarillo y negativo = azul)

Viscosidad

Las mermeladas se encuentran clasificadas dentro de los fluidos pseudoplásticos, los cuales son independientes del tiempo y cuya viscosidad aparente disminuye con el aumento del esfuerzo cortante (Pagan, 1996). Este comportamiento es relevante, ya que facilita operaciones como el mezclado, bombeo y envasado, además de influir en la experiencia de consumo al permitir que la mermelada sea fácil de untar. La viscosidad es también un parámetro clave en el control de calidad, pues asegura la uniformidad del proceso productivo, la consistencia del producto terminado y la adecuada selección de las materias primas (Daza y Ruth, 2011). En el Cuadro 9 se muestran los resultados obtenidos durante la evaluación de viscosidad de las mermeladas de fresa elaboradas con pectina comercial y con el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde, se registraron medias de 12,606.0 \pm 334.7 y 12,425.3 \pm 186.3 centipoise (cP), respectivamente, las cuales se encuentran dentro del rango de viscosidad (1,900-121,00 cP) mencionado en estudios realizados por (Tiwari et al., 2016).

Estos valores demuestran que no existen diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.4598$) debido a que en la mermelada se cuentan con las condiciones apropiadas para gelificar, los niveles de textura aumentan, lo cual sugiere que el agente gelificante alternativo presenta un desempeño reológico comparable al de la pectina comercial, manteniendo las características tecnológicas deseadas en la formulación de mermeladas. Esto coincide con estudios de Lozada (2007), en pectinas extraídas de la cáscara de frutas, que mostraron un comportamiento viscoelástico similar o superior al de pectinas comerciales, confirmando su viabilidad como sustitutos en la elaboración de productos gelificados.

Cuadro 9

Resultados de análisis de viscosidad de mermeladas de fresa.

Tratamiento	Viscosidad (cP)
	Media \pm desviación estándar
Mermelada con pectina comercial	12,606.0 \pm 334.7
Mermelada con material gelificante	12,425.3 \pm 186.3
Probabilidad	>0.4598

Nota. P: probabilidad <0.05.

Actividad de Agua

En relación con la actividad de agua, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0.2508$). La mermelada elaborada con pectina comercial alcanzó un valor promedio 0.76 ± 0.05 , mientras que la formulada con el material gelificante obtuvo 0.77 ± 0.01 (Cuadro 10). Estos valores se encuentran dentro del rango típico para mermeladas, que suelen presentar baja actividad de agua (hasta aproximadamente 0.86), lo cual limita el crecimiento de microorganismos en alimentos de humedad intermedia según estudios realizados por (Haroon et al., 2024). Otros estudios sobre mermelada como los de Anuar y Salleh (2019), reportaron una actividad de agua de 0.78 ± 0.0 , indicando seguridad frente a bacterias, aunque mostrando que levaduras y mohos aún podrían desarrollarse en este rango. En otro estudio comparativo de mermeladas de fresa, los valores promedios de actividad de agua oscilaron entre 0.69 y 0.85 (Monika Yadav et al., 2018). En conjunto,

estos resultados respaldan que el material gelificante evaluado puede sustituir eficazmente a la pectina comercial sin comprometer la estabilidad microbiológica ni la conservación del producto.

Cuadro 10

Resultados de análisis de actividad de agua en mermelada de fresa.

Tratamiento	a_w
	Media \pm desviación estándar
Mermelada con pectina comercial	0.76 \pm 0.05
Mermelada con material gelificante	0.77 \pm 0.01
Probabilidad	>0.2508

Nota. P... probabilidad <0.05.

pH

La media de los pH de las mermeladas de fresa elaboradas con pectina comercial y con el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde fue de 3.02 \pm 0.05 y 3.04 \pm 0.02, respectivamente (Cuadro 11), sin diferencias significativas ($P > 0.2524$), lo que confirma que el tipo de agente gelificante no influye en la acidez del producto final. Estos valores coinciden con el rango recomendado de 3.0–3.5 para la elaboración de mermeladas, el cual, según G. Legua (2022), resulta esencial para garantizar la formación de un gel estable, preservar el color característico de la fruta y limitar el crecimiento de microorganismos. Estudios realizados por Martins et al. (2019), reportan valores de pH entre 2.91 y 3.47, consistentes con los obtenidos en esta investigación, reforzando que el producto elaborado se encuentra dentro de los parámetros de calidad aceptados internacionalmente. Además, un pH en este rango contribuye a prolongar la vida útil del producto, ya que potencia la acción del azúcar y la baja actividad de agua como barreras microbiológicas, reduciendo el riesgo de deterioro según lo indica la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (Food and Agriculture [FAO], 2023).

En este contexto, el material gelificante extraído de la manzana no solo mantiene los parámetros fisicoquímicos requeridos, sino que se perfila como una alternativa tecnológicamente comparable a la pectina comercial, sin comprometer la calidad sensorial ni la seguridad del producto.

Cuadro 11

Resultados de análisis de pH en mermelada de fresa.

Tratamiento	pH
	Media \pm desviación estándar
Mermelada con pectina comercial	3.02 \pm 0.05
Mermelada con material gelificante	3.04 \pm 0.02
Probabilidad	>0.2524

Nota. P: probabilidad <0.05.

Grados Brix

En el Cuadro 12 se presentan los valores de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix) de las mermeladas elaboradas con pectina comercial y con el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde. La mermelada con pectina comercial presentó un promedio de 65.63 \pm 0.51 $^{\circ}$ Brix, mientras que la elaborada con el material gelificante alcanzó un valor muy similar de 65.76 \pm 0.55 $^{\circ}$ Brix. El análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos (P >0.7743), lo que indica que la sustitución de la pectina comercial por el material gelificante no afectó de manera significativa el contenido de sólidos solubles.

Estos resultados concuerdan con lo establecido en el Requisitos No Arancelarios, 2007 2007.99.91.00 (2007) que exige un mínimo de 65 $^{\circ}$ Brix para garantizar la estabilidad y adecuada conservación de las mermeladas. En este sentido, ambos tratamientos cumplen con el estándar normativo, asegurando una concentración de azúcares suficiente para mantener la estabilidad microbiológica y contribuir a la aceptación del producto final por parte de los consumidores. Asimismo, estos hallazgos son consistentes con estudios previos como los de López et al. (2000), en mermeladas de fresa y otros frutos, que reportan valores cercanos a 65 $^{\circ}$ Brix como adecuados para lograr la viscosidad y la dulzura característica del producto elaborado con pectina comercial y otros materiales gelificantes. Además, Alvarez C et al. (2016), indica que al mantener este nivel de sólidos solubles no solo garantiza la inocuidad y conservación, sino que también influye en atributos sensoriales como el dulzor y la consistencia, los cuales inciden directamente en la preferencia del consumidor.

De manera importante, el hecho de que no se presentaran diferencias entre los tratamientos demuestra que el material gelificante extraído de la cáscara de manzana verde es una alternativa tecnológica viable a la pectina comercial. Esto representa una oportunidad para diversificar fuentes de gelificantes naturales, reducir la dependencia de insumos importados y aprovechar subproductos agroindustriales, lo que puede contribuir tanto a la innovación como a la sostenibilidad en la elaboración de mermeladas.

Cuadro 12

Resultados de grados Brix en mermelada de fresa.

Tratamiento	°Brix
	Media ± desviación estándar
Mermelada con pectina comercial	65.63±0.51
Mermelada con material gelificante	65.76±0.55
Probabilidad	>0.7743

Nota. P: probabilidad <0.05.

Conclusiones

La hidrólisis realizada a pH 1.5 se estableció como la condición más adecuada para la obtención del material gelificante a partir de la cáscara de manzana verde, al evidenciar un mejor rendimiento en el proceso de extracción.

El material gelificante presentó propiedades funcionales que lo posicionan como una alternativa viable a la pectina comercial, al mostrar un comportamiento reológico comparable y características fisicoquímicas favorables.

La incorporación del material gelificante en la elaboración de mermeladas de fresa permitió obtener un producto con características sensoriales y fisicoquímicas equivalentes a las formuladas con pectina comercial.

Aprovechar las cáscaras de manzana verde como fuente sostenible e innovadora de compuestos funcionales representa una oportunidad para la valorización de subproductos agroindustriales, permitiendo reducir el desperdicio de materia prima, promoviendo el desarrollo de ingredientes con valor agregado y contribuyendo a la sostenibilidad en la industria alimentaria.

Recomendaciones

Se recomienda evaluar otras variables del proceso, como la temperatura, el tiempo de hidrólisis, la relación etanol y gel extraído, con el objetivo de incrementar el rendimiento de extracción de pectina a partir de la cáscara de manzana verde y acercarse a los valores reportados en la literatura.

Explorar la aplicación del material gelificante en otros productos alimenticios además de mermeladas, evaluando atributos sensoriales y funcionales para ampliar su potencial de uso en la industria.

Investigar estrategias de valorización de subproductos agroindustriales similares como cáscaras de mango, pulpa de café, residuos de zanahoria, cáscaras de pepino promoviendo la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de materias primas que actualmente se consideran residuos.

Realizar análisis de fibra dietética total, soluble e insoluble del material gelificante para complementar la caracterización fisicoquímica del material y aportar información valiosa sobre su potencial como fuente de compuestos funcionales.

Realizar análisis de costo beneficio del proceso de extracción del material gelificante considerando factores como el costo de la materia prima, reactivos, energía, tiempo de procesamiento y posibles rendimientos obtenidos para evaluar la viabilidad económica del uso del material como sustituto de la pectina comercial.

Referencias

- Anuar, N. A. y Salleh, R. M. (2019). Development of fruit jam from Averrhoa bilimbi L. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(4), e13904. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13904>
- Barazarte, H. (2008). La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Alan*, 58, Artículo 1. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100009
- Cueva, G., Dionicio, E., Juarez, R. y Ruidias, C. (2023). Aceptabilidad sensorial de mermelada de fresa con un paso de molienda previo al proceso de cocción. *Journal of Neuroscience and Public Health*, 3(2), 367–375. <https://doi.org/10.46363/jnph.v3i2.1>
- Daza, J. y Ruth, N. (2011). *Elaboración Y Evaluación Reológica De Mermelada De Piña (Ananás comosus)* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria De La Selva, Perú. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bdb2dfbb-afb0-43af-91bd-606bb9769bef/content>
- Díaz Arreaga, J. G., Zamora Parraga, A. Y., Fernández Escobar, Á. O. y Alvarez Coello, L. A. (2023). Evaluación físico-químico y sensoriales de la mermelada combinada con zumo de maracuyá, pulpa de concentrado de maracuyá, zanahoria y banano. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1286–1303-1286–1303. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.684>
- Dranca, F., Talón, E., Vargas, M. y Oroian, M. (2021). Microwave vs. conventional extraction of pectin from Malus domestica 'Fälticeni' pomace and its potential use in hydrocolloid-based films. *Food Hydrocolloids*, 121, 107026. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107026>
- Eggenberger Vásquez, P. F. (2023). *Extracción de pectina para el aprovechamiento de residuos de cáscara de manzana utilizando soluciones ácidas* [Tesis]. Universidad del valle de Guatemala, Guatemala. <https://metaflip.metabiblioteca.com/index2.php?pdf=https://repositorio.uvg.edu.gt/server/>

api/core/bitstreams/41d8baab-ac4c-418f-9684-9a2186e51ff2/content?authentication-token=null

Espín, M. (2012). *Uso de la zanahoria amarilla (Daucus carota) mediante una mezcla con manzana a diferentes concentraciones de pectina para elaborar una mermelada* [Tesis]. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6e8b2919-d458-462c-ae68-dc33769622bc/content>

Food and Agriculture. (2023, 17 de diciembre). *Fruit and vegetable processing - Ch08 Fruit specific preservation technologies (cont.)*.
https://www.fao.org/4/v5030e/v5030E0m.htm?utm_source

García Ahued, M. (2014). Análisis sensorial de alimentos. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 2(3). <https://doi.org/10.29057/icbi.v2i3.533>

González, V. (2014). *Estudio hedónico del pan en el IES Mugardos* [SGAPEIO chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/INTRODUCCION-AL-ANALISIS-SENSORIAL.pdf]

Haroon, M., Khan, I., Ejaz, A., Afzaal, M., Saeed, F., Farooq, M. U., Ehsan, M., Ahmed, F., Akram, N. y Hailu, G. G. (2024). Preparation and quality evaluation of mixed fruit jam made from natural and artificial sweetener. *EFood*, 5(6), Artículo e70022, e70022.
<https://doi.org/10.1002/efd2.70022>

Kumar, S. S., Manoj, P., Shetty, N. P. y Giridhar, P. (2015). Effect of different drying methods on chlorophyll, ascorbic acid and antioxidant compounds retention of leaves of Hibiscus sabdariffa L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1812–1820.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.6879>

- Legua, G. (2022). *Mermelada de fresa* [Tesis Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Perú. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e509caf5-a3c5-4a7c-a1b4-d7d3ceceb463/content Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", Perú. file:///D:/OneDrive%20-%20Zamorano/Downloads/Mermelada%20de%20fresa.pdf
- Liew, S. Q., Chin, N. L. y Yusof, Y. A. (2014). Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.033>
- Loyola López, N. E. y Acuña Carrasco, C. A. (2021). Mermelada de arándano y frambuesa: evaluación sensorial, nutricional y de aceptabilidad. *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), 120–132. <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a15>
- Lozada, M. (2007). *Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo de pectina de la cáscara de tuna (Opuntia spp.)* [Tesis]. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Mexico.
- Lu, W., Shi, Y., Wang, R., Su, D., Tang, M., Liu, Y. y Li, Z. (2021). Antioxidant Activity and Healthy Benefits of Natural Pigments in Fruits: A Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(9), 4945. <https://doi.org/10.3390/ijms22094945>
- Macagnan, F. T., Santos, L. R. d., Roberto, B. S., Moura, F. A. de, Bizzani, M. y Da Silva, L. P. (2015). Biological properties of apple pomace, orange bagasse and passion fruit peel as alternative sources of dietary fibre. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2015.04.001>
- Maneerat, N., Tangsuphoom, N. y Nitithamyong, A. (2017). Effect of extraction condition on properties of pectin from banana peels and its function as fat replacer in salad cream. *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 386–397. [https://doi.org/10.1007/s13197-016-2475-](https://doi.org/10.1007/s13197-016-2475-6)

- Martins, F. C. O. L., Sentanin, M. A. y Souza, D. de (2019). Analytical methods in food additives determination: Compounds with functional applications. *Food Chemistry*, 272, 732–750. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.060>
- Matsheka, M. I., Mpuchane, S., Gashe, B. A., Allotey, J., Khonga, E. B., Coetzee, S. H. y Murindamombe, G. (2014). Microbial Quality Assessment and Predominant Microorganism of Biltong Produced in Butcheries in Gaborone, Botswana. *Food and Nutrition Sciences*, 05(17), 1668–1678. <https://doi.org/10.4236/fns.2014.517180>
- Meenaloshini G, Karthikha V. S, Vaishnavi V, Dravid Ragul Y y Hemalatha K. (2024). Optimizing Stability Of Plant Extracts Using Lyophilization. En *Futuristic Trends in Pharmacy & Nursing Volume 3 Book 7* (pp. 149–157). <https://doi.org/10.58532/V3BAPN7P2CH2>
- Monika Yadav, SK Aktar Hossain, Binod Kumar Bharti y Meghna Jaiswal (2018). Comparative study of physico-chemical property in different brands of jam, honey and jelly. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(5), 2186–2191. https://www.phytojournal.com/archives/2018.v7.i5.5887/comparative-study-of-physico-chemical-property-in-different-brands-of-jam-honey-and-jelly?utm_source
- Moreno, R., Montilla, A. y Villamiel, M. (2016). *Análisis reológico de pectinas industriales procedentes de subproductos de cítricos* [Tesis, España]. digital.csic.es. <https://digital.csic.es/handle/10261/151373>
- Muñoz, F. (2011). *Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir del fruto de dos ecotipos de cocona (solanum sessiliflorum), en diferentes grados de madurez; a nivel de planta piloto* [Tesis]. Universidad Nacional, Colombia. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/8cdbc69e-eb76-40db-bb36-188d96df7b30/content>
- Pagan, J. (1996). *Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón.*

https://www.researchgate.net/publication/46314577_Degradacion_enzimatica_y_caracteristicas_fisicas_y_quimicas_de_la_pectina_del_bagazo_de_melocoton

Prakash Maran, J., Sivakumar, V., Thirugnanasambandham, K. y Sridhar, R. (2013). Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel. *Carbohydrate Polymers*, 97(2), 703–709. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.05.052>

Pua, A. R., Barreto, G. R., Vallejo, D. F. y Ariza, C. S. (2016). Extracción y caracterización de la pectina obtenida a partir de la cáscara de limón Tahití (*citrus x latifolia*) en dos estados de maduración. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 13(2), 180. <https://doi.org/10.24054/16927125.v2.n2.2015.2108>

Quillupangui, D. (2022). *Extracción de pectina del desecho de manzana (pyrus malus l.) mediante el método de hidrólisis ácida* [Tesis]. Univesidad Central de Ecuador, Quito. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/81960789-a4c0-429f-935e-b81eaf17ffcb/content>

Tapia, M. (2020). Contribución al concepto de actividad de agua (aw) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en Latinoamérica y Venezuela. <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2022/07/LXXX.N2.P18-40.2020.pdf>

Thirugnanasambandham, K., Sivakumar, V. y Prakash Maran, J. (2014). Process optimization and analysis of microwave assisted extraction of pectin from dragon fruit peel. *Carbohydrate Polymers*, 112, 622–626. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.06.044>

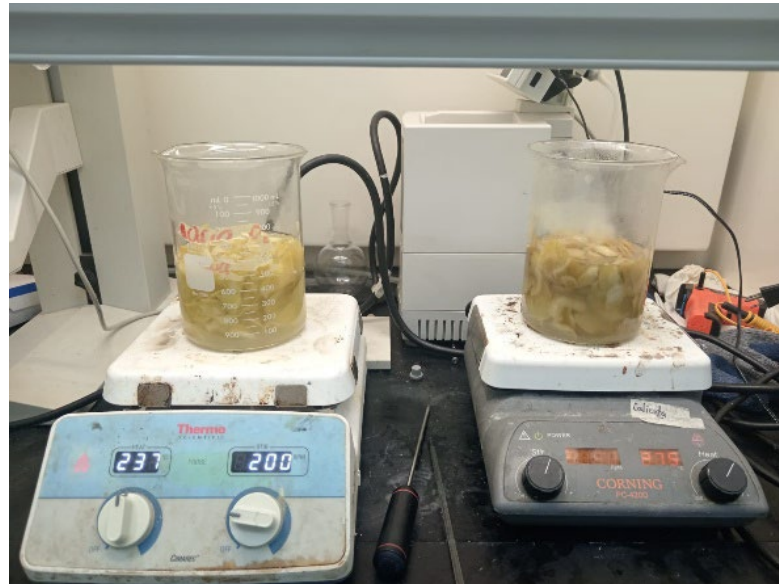
Tiwari, A. K., Vidyarthi, A. S., Nigam, V. K. y Hassan, M. A. (2016). Study of rheological properties and storage life of ripe jackfruit products: Jam and Jelly. *Asian Journal of Microbiology Biotechnology and Environmental Sciences*, 18(2), 475–482. https://www.researchgate.net/publication/317212434_Study_of_rheological_properties_and_storage_life_of_ripe_jackfruit_products_Jam_and_Jelly

- Torres-Mendoza, K. E., Lara-Tambaco, R. M. y León-Araujo, M. E. (2023). Obtención y caracterización de la pectina extraída de la cáscara de pepino (*Cucumis Sativus* L-Variedad Híbrido Dasher II) y validarla como producto gelificante en compotas. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, 3(1), 205–223. <https://doi.org/10.56183/iberotecs.v3i1.597>
- Valdes Restrepo, M., Delgado Ospina, J., Londoño-Hernández, L. y Rodríguez Restrepo, R. A. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Temas Agrarios*, 28(1), 69–81. <https://doi.org/10.21897/rta.v28i1.3200>
- Vázquez-Chávez y Zarazúa-Sánchez (2023). Extracción de pectina a partir de bagazo de manzana y su análisis. *Ciencias Biológicas Y De La Salud*, 8, 680–685.
- Vázquez-Chávez, L. y Zarazúa-Sánchez, Z. (2023). Extracción de pectina a partir de bagazo de manzana y su análisis. *Investigación Y Desarrollo En Ciencia Y Tecnología De Alimentos*, 8(1), 680–685. <https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.89>
- Villamil-Galindo, E. y Piagentini, A. M. (2022). Sequential ultrasound-assisted extraction of pectin and phenolic compounds for the valorisation of ‘Granny Smith’ apple peel. *Food Bioscience*, 49, 101958. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101958>
- Virk, B. S. y Sogi, D. S. (2004). Extraction and Characterization of Pectin from Apple (*Malus Pumila*. Cv Amri) Peel Waste. *International Journal of Food Properties*, 7(3), 693–703. <https://doi.org/10.1081/JFP-200033095>
- Voragen, A. G. J., Coenen, G.-J., Verhoef, R. P. y Schols, H. A. (2009). Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. *Structural Chemistry*, 20(2), 263–275. <https://doi.org/10.1007/s11224-009-9442-z>
- Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Inv. Y Des.*, 1, Artículo 15. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007

Zhang, F., Wang, T., Wang, X. y Lü, X. (2021). Apple pomace as a potential valuable resource for full-components utilization: A review. *Journal of Cleaner Production*, 329, 129676.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129676>

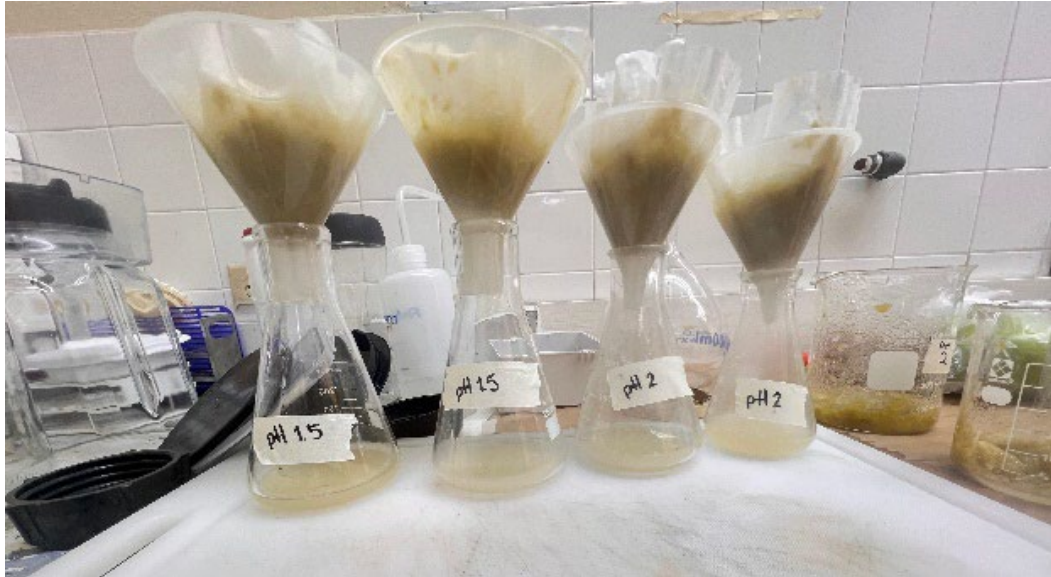
Anexos**Anexo A**

Hidrólisis ácida de la cáscara de manzana verde.



Anexo B

Filtración del material gelificante extraído.



Anexo C

Material gelificante precipitado con etanol.



Anexo D*Tabla hedónica de 9 puntos.*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Me disgusta extremada mente	Me disgusta mucho	Me disgusta modera damente	Me disgusta poco	Ni me gusta ni disgusta	Me gusta poco	Me gusta modera damente	Me gusta mucho	Me gusta extrema damente

Anexo E

Boleta de evaluación sensorial.

Boleta de evaluación sensorial Mermelada de fresa

Nombre: _____ Fecha: _____

A continuación, se le presentan dos muestras de mermelada de fresa, las cuales deberá observar, oler y probar cada una de ellas en el orden que se le presentan, 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.

- Indique el grado en el que le gusta o disgusta cada muestra, seleccionando el puntaje que se presenta en el cuadro 1 y colocándolo en el cuadro 2, al lado de cada atributo evaluado.

Cuadro 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 2. Evaluación de atributos.

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

Comentarios: _____

- Indique cuál de las dos muestras prefiere, colocando el código de la muestra en el espacio inferior, luego indique el ¿por qué de su elección?

Código: _____

¿Por qué? _____

Gracias por participar...

Anexo F

Panelistas.



Anexo G

Tabla de valores críticos Tests pareadaos.

TABLA A
Significación para Tests Pareados ($p = 1/2$)

Número de juicios (jueces x set)	Mínimo de juicios correctos para es- tablecer diferencias (una cola)		Mínimo de juicios correctos para es- tablecer preferen- cias (dos colas)			
	Nivel de Probabilidad					
	.05	.01	.001	.05	.01	.001
7	7	7	---	7	---	---
8	7	8	---	8	8	---
9	8	9	---	8	9	---
10	9	10	10	9	10	---
11	9	10	11	10	11	11
12	10	11	12	10	11	12
13	10	12	13	11	12	13
14	11	12	13	12	13	14
15	12	13	14	12	13	14
16	12	14	15	13	14	15
17	13	14	16	13	15	16
18	13	15	16	14	15	17
19	14	15	17	15	16	17
20	15	16	18	15	17	18
21	15	17	18	16	17	19
22	16	17	19	17	18	19
23	16	18	20	17	19	20
24	17	19	20	18	19	21
25	18	19	21	18	20	21
30	20	22	24	21	23	25
35	23	25	27	24	26	28
40	26	28	31	27	29	31
45	29	31	34	30	32	34
50	32	34	37	33	35	37
60	37	40	43	39	41	44
70	43	46	49	44	47	50
80	48	51	55	50	52	56
90	54	57	61	55	58	61
100	59	63	66	61	64	67

La Tabla A es una adaptación de las Tablas de E.B. Roessler, G.A. Baker y M.A. Amerine. Food Research 21, 117-121 (1956).