



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Informe final de investigación para optar al título de Ingeniero
Agroindustrial**

**Efecto de tres niveles de inclusión de pectina extraída de
la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración
de mermelada de piña, Estelí 2025**

Autores

Joseling Deyanira Picado Rivera

Ada Patricia Artola Rodríguez

Tutor

Ing. Jorge Luis Betanco Gómez

Asesor

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

Estelí, mayo de 2025

Este informe final de investigación fue aceptado en su presente forma por la oficina de Investigación de la Dirección de Ciencias Agropecuarias (DCA) de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda (UNFLEP) y aprobado por el honorable comité evaluador nombrado para tal efecto, como requisito parcial para optar al título de **INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Tutor

Ing. Jorge Luis Betanco Gómez

Asesor

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

Miembros del comité

Ing. Sindel Paola Zamora Zeledón

Ing. Byron Uriel Rojas Valverde

M.Sc. María Alicia González Casco

Sustentantes

Br. Joseling Deyanira Picado Rivera

Br. Ada Patricia Artola Rodríguez

ÍNDICE

Contenido	Página
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	4
IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
V. OBJETIVOS	6
5.1. Objetivo General	6
5.2. Objetivos Específicos.....	6
VI. LIMITACIONES	7
VII. MARCO TEÓRICO.....	8
7.1. Generalidades.....	8
7.1.1. La Pectina.....	8
7.1.2. Historia de la Pectina	8
7.1.3. Composición química de la pectina	8
7.1.4. Clasificación de la pectina	9
7.1.5. Importancia de la Pectina.....	10

7.1.6. Usos de la Pectina	10
7.2. El Cacao	11
7.2.1. Industrialización del cacao en Nicaragua	12
7.2.2. Importancia del cacao para la economía nicaragüense.....	12
7.3. Concepto de la cáscara de cacao	13
7.3.1. Beneficios de la cáscara de cacao	13
6.3.2. Usos de la cáscara de cacao	13
7.4. Mermelada de piña.....	14
7.4.1. Historia del uso de la mermelada como método de conservación de frutas.....	14
7.4.2. Materia Prima para la elaboración de mermelada	15
VIII. HIPÓTESIS	17
IX. DISEÑO METODOLÓGICO.....	18
9.1. Ubicación geográfica	18
9.2. Enfoque, alcance de la investigación	18
9.3. Descripción de unidad de análisis experimental	18
9.4. Definición de variables con su operacionalización	19
9.5. Diseños experimentales	21
9.5.1. Fases experimentales	21
9.5.2. Pruebas de preferencia.....	21
9.5.3. Análisis laboratorio.....	22
9.6. Técnicas e instrumentos para la recolección de información.....	22

9.7.	Confiabilidad y validez de los instrumentos	22
9.8.	Procedimientos para el análisis de los datos	23
X.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
10.1.	Caracterización de la pectina extraída de la cáscara de cacao	24
10.2.	Elaboración de la mermelada de piña utilizando como gelificante la pectina extraída de la cáscara de cacao	26
10.2.1.	Extracción de la pectina.	26
10.2.2.	Diagrama de flujo de proceso de extracción de pectina de cáscara de cacao.....	27
10.2.3.	Elaboración de la mermelada de piña.	28
10.2.4.	Diagrama de flujo de la elaboración de la mermelada de piña.....	30
10.3.	Aceptación de la pectina en sus tres niveles de inclusión en la mermelada de piña	31
10.3.1.	Textura.....	31
10.3.2.	Olor.....	33
10.3.3.	Sabor.....	34
10.3.4.	Color.....	36
XI.	CONCLUSIONES	39
XII.	RECOMENDACIONES.....	40
XIII.	BIBLIOGRAFÍA	41
XIV.	ANEXOS	44

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
Tabla 1. Operacionalización de variables con su operacionalización.....	19
Tabla 2. Análisis físico químico de la pectina.	25
Tabla 3. Análisis organoléptico de textura de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos	32
Tabla 4. Análisis organoléptico de olor de la mermelada de los cuatro tratamientos	34
Tabla 5. Análisis organoléptico de sabor de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos	35
Tabla 6. Análisis organoléptico de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido

Página

Figura 1. Flujograma de extracción de pectina mediante simbología ASME 27

Figura 2. Flujograma de elaboración de mermelada de piña mediante simbología ASME30

Figura 3. Análisis de aceptación de textura de la mermelada de piña31

Figura 4. Análisis de aceptación de olor de la mermelada de piña.....33

Figura 5. Análisis de aceptación de sabor de la mermelada de piña35

Figura 6. Análisis de aceptación de color de la mermelada de piña.....37

ÍNDICE DE ANEXOS

Contenido	Página
Anexo 1. Ubicación geográfica.....	44
Anexo 2. Ficha de características organolépticas	45
Anexo 3. Hoja de análisis físico químico de la pectina	49
Anexo 4. Análisis de varianza	51
Anexo 5. Galería Fotográfica.....	52

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo con profundo amor y gratitud

A Dios:

Por ser el pilar fundamental de nuestras vidas, por iluminar nuestras mentes, darnos fuerza y sabiduría, sobre todo perseverancia para finalizar esta etapa académica.

A nuestros padres:

Por su amor y apoyo incondicional, por habernos enseñado el valor del esfuerzo y la perseverancia; este logro es tanto nuestro como suyo.

A nuestros maestros:

Por guiarnos con sabiduría durante estos años; su dedicación y pasión por la enseñanza nos inspiraron a dar lo mejor de nosotras.

A todos los que nos ayudaron en este proceso:

Su contribución por pequeña que haya sido, fue valiosa y significativa en nuestro recorrido.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, nuestro más profundo agradecimiento a Dios por ser nuestra guía, fortaleza y ayudador en cada etapa de nuestras vidas, y de este camino, iluminando nuestro camino y dándonos fuerza para ser perseverantes y la sabiduría necesaria para superar las adversidades.

A nuestras familias, quienes han sido apoyo incondicional durante estos años de aprendizaje. Agradecemos de manera especial, por su guía incondicional, sus valiosas sugerencias, orientación experta y su paciencia a lo largo de este viaje. Su conocimiento, apoyo constante y experiencia fueron fundamentales para darle forma a este trabajo; nuestro tutor Ing. Jorge Luis Betanco Gómez.

Asimismo, queremos agradecer a nuestro asesor, Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales, cuyo apoyo, compromiso y conocimientos fueron esenciales para lograr consolidar nuestro trabajo. Cada consejo y comentario fue una luz en el camino que contribuyó significativamente al éxito de esta tesis.

También queremos agradecer a nuestra profesora, Ing. Ana Llancys López Castillo, quién con sus conocimientos, apoyo y consejos enriquecieron este proyecto.

Finalmente, a todos los que han contribuido de alguna manera, nuestro más sincero agradecimiento. Este logro no habría sido posible sin su apoyo y constante. Cada gesto, cada palabra de ánimo, cada de apoyo ha sido invaluable. Este logro es un reflejo de su apoyo y confianza en nosotras.

RESUMEN

Esta investigación, realizada en la ciudad de Estelí, evaluó el efecto de tres niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de mermelada de piña, mediante cuatro tratamientos: 1%, 2%, 3% y un tratamiento control sin pectina (0%). El trabajo investigativo se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, debido a que busca analizar y medir variables. La evaluación sensorial fue realizada por estudiantes y docentes de la Universidad Francisco Luis Espinoza Pineda, quienes actuaron como panelistas no expertos. Los resultados sensoriales indicaron que el tratamiento con 3% de pectina presentó las mejores características, destacando por su color amarillo claro, sabor dulce afrutado y textura adecuada, atributos altamente valorados por los evaluadores. El análisis estadístico ($p < 0.05$) evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, demostrando que la inclusión de pectina mejora las propiedades sensoriales y la calidad del producto, con potencial aplicación en la industria alimentaria. El análisis de laboratorio, reveló que la pectina extraída es de alto metoxilo ($>50\%$), lo que le permite formar geles en presencia de azúcar y en condiciones de pH ácido. Además, presentó valores elevados de pH, grado de metoxilación, contenido de humedad y viscosidad en comparación con los valores de referencia. Su alto contenido de ácido anhidro galacturónico y grado de gelificación confirman su idoneidad como espesante en productos alimentarios. Estos hallazgos resaltan el potencial de la pectina de cáscara de cacao como alternativa natural en la industria de alimentos, ofreciendo una opción sostenible y de valor agregado para mejorar la textura y estabilidad de productos procesados como la mermelada de piña.

Palabras claves: Pectina, Gelificación, Grado de metoxilación, Textura, Panelistas.

I. INTRODUCCIÓN

En la industria alimentaria, la pectina es un componente esencial para la elaboración de mermeladas y jaleas. Se trata de un polisacárido natural presente en las paredes celulares de las plantas, especialmente en frutas como la manzana, la naranja y el cacao. La pectina tiene propiedades gelificantes y espesantes, lo que la convierte en un ingrediente valioso para lograr la textura adecuada en productos como la mermelada.

En particular, la cáscara de cacao es una fuente potencial de pectina. Sin embargo, su aprovechamiento aún no se ha explorado completamente. Esta investigación se centra en evaluar la aceptabilidad de la pectina extraída de la cáscara de cacao para la elaboración de mermelada de piña. Para ello, se analizaron aspectos como la capacidad gelificante, la viscosidad y la estabilidad de la mermelada resultante.

Esta investigación buscó contribuir al conocimiento sobre la utilización de la pectina de cáscara de cacao y su potencial para mejorar la calidad de productos como la mermelada de piña. A través de este análisis, se proporcionó información relevante para la industria y fomentar prácticas más sostenibles en la producción alimentaria.

La pectina es muy utilizada en las industrias alimentarias y cosméticas y también farmacéuticas pues es la responsable de espesar y gelificar diferentes productos tales como, mermeladas, jaleas, jugos, productos de procedencia de lácteos, cremas, lociones, y para glaseados en la industria de pastelería. También es utilizada para la elaboración de medicamentos como capsulas degradables y jarabes. Es por ello que esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de tres niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de mermelada de piña.

II. ANTECEDENTES

Según (Reyes P. S., 2017), en su investigación sobre la optimización del proceso de la elaboración de la mermelada de piña (*Ananas Comusus*), el cual buscaba desarrollar formulaciones, utilizando distintos porcentajes de pectina en dicha formulación y así darle solución al problema de gelificación que presentaba este producto. Obteniendo como resultados caracterizar el producto final realizando todas las pruebas Físico-químicos (pH, °Brix, acidez titulable) y se evaluó las características sensoriales (olor, sabor, color y textura) y se obtuvo resultados dentro de los rangos establecidos. Por medio de degustación de evaluación sensorial se identificó la formulación de mermelada de piña que más aceptación adquirió: indicó que la muestra 1 tiene mayor aceptación con el 67% de muy bueno, seguida por la muestra 3 con un 47% de bueno y la muestra 2 con el 40% regular, lo que nos da a conocer que la muestra 1 fue de mayor aceptación por los encuestados.

Urango, Ortega, Vélez, Pérez (2018) realizó un estudio sobre la extracción rápida de pectina a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) using Microwave, donde se buscaba obtener resultados de rendimientos del proceso de extracción de pectina de este fruto. Para dicha investigación se utilizó un diseño aleatorio con arreglo factorial, tiempo de extracción, potencias de microondas y concentración de las soluciones HCl. Se realizó un análisis de varianza y un test de comparación de medidas con un nivel de significancia del 5%. Obteniendo como resultado que la extracción de pectina realizada por microondas el tiempo de hidrólisis tuvo efectos estadísticamente significativos ($p < 1,05$) sobre el rendimiento de pectina de la cáscara del fruto de maracuyá con un tiempo de 100 segundos, potencia de 1000 vatios y concentración de la solución ácida de 0,24 N.

Por otro lado, Juarez Bereche (2018) realizó una investigación sobre la extracción de pectina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) de variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada, donde a partir de ello evaluó los tratamientos respecto al porcentaje de pectina total para elegir la mejor combinación. Elaboró mermeladas usando esta pectina y realizó un estudio de aceptación a nivel de consumidor utilizando escalas hedónicas para la evaluación sensorial de la mermelada con el mejor tratamiento, obteniendo

como resultado los mejores tratamientos donde el T1 y T2, sobresaliendo el T2 por diferencias de medias. El T2 se obtuvo a pH 1.5, durante 80 minutos y 85 °C.

En este estudio Rengifo (2021) realizó una investigación sobre la Evaluación de dos métodos de extracción de pectina de la cáscara de cacao (*Theobroma Cacao*) en la Universidad Católica de Ecuador, donde se aplicaron dos métodos de extracción, hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática obteniendo pectina de ambos métodos comprobados mediante t-student para determinar el método más eficaz, una vez realizado el análisis físico químico por espectrofotometría infrarroja (IR) y grado de esterificación (GE) concluyó que el método de extracción de hidrólisis ácido consiguió mayor rendimiento en comparación con la extracción de con hidrólisis enzimático puesto que la caracterización de los grupos funcionales comparten similitud con los picos de la pectina comercial, y que en ambos métodos el GE está por encima del 50% colocándola como una pectina con alto valor de metoxilo.

Finalmente Rodríguez (2023) en su investigación buscó evaluar diferentes condiciones experimentales para la extracción de pectina a partir de la cáscara de cacao utilizando el método de extracción de hidrólisis ácida, donde se estudió el tipo de ácido clorhídrico y cítrico y tres valores de pH con una temperatura de 90 °C. Obteniendo como resultados que la hidrólisis con ácido clorhídrico tiene más rendimiento en comparación con la hidrólisis con ácido cítrico, sin embargo la pectina extraída con ácido clorhídrico presentó un color más oscuro que la pectina extraída con ácido cítrico, lo que significa que presenta una alta cantidad de residuos de la cáscara de cacao y eso incide en la calidad del producto.

III. JUSTIFICACIÓN

La cáscara de cacao es un subproducto de la industria chocolatera, considerado como un residuo sin valor. Sin embargo, recientes investigaciones han demostrado que la cáscara de cacao contiene una cantidad significativa de pectina, una sustancia encontrada en frutas y verduras considerada un ingrediente muy importante con diversas aplicaciones en la industria alimentaria con capacidad de gelificar y espesar los productos como mermeladas, jaleas, néctares, helados, gelatinas, jugos, productos lácteos entre otros.

La extracción de pectina de la cáscara de cacao contribuye a la sostenibilidad y aprovechamiento de un subproducto que normalmente se descarta y así se reduce la cantidad de estos desechos beneficiando tanto al medio ambiente como a las empresas que se encargan de elaborar estos productos. Al obtener pectina de la cáscara de cacao, se puede agregar valor a los productos alimentarios existentes y así desarrollar nuevas propuestas de alimentos procesados.

Esta investigación abre puertas a la producción comercial de pectina a partir de la cáscara de cacao y establecer colaboraciones con la industria alimentaria y empresas interesadas en crear productos con aditivos naturales, elaborando alimentos con ingredientes orgánicos y que sean menos perjudiciales para la salud de los consumidores, puesto que es un campo prometedor que combina aspectos de sostenibilidad, innovación y aplicaciones prácticas.

Con este estudio se buscó contribuir al conocimiento científico y el desarrollo de soluciones más sostenibles para las empresas procesadoras de alimentos puesto que Nicaragua es un gran productor de cacao y se puede aprovechar el fruto en su totalidad dándole dos tipos de uso tanto para la elaboración de chocolate en cada una de sus presentaciones y también para la producción de pectina a partir de los residuos que en este caso es la cáscara del fruto. Siendo una alternativa de aprovechamiento para estas empresas, debido a que su materia prima para la extracción de pectina son los mismos desechos que ellos producen desde la elaboración de su producto principal.

IV. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La cáscara de cacao ha sido utilizada por mucho como parte de la alimentación para animales en su mayoría, esto se debe a la falta de conocimiento por parte de la población rural, acerca de los múltiples usos y propiedades que este aporta, destacándose principalmente las proteínas, fibra cruda, carbohidratos y minerales

Cabe destacar que esta cáscara considerado materia prima podemos encontrarlo de manera abundante en la zona donde se produce cacao y en menor porcentaje dentro de la zona urbana, siendo desperdiciada debido a que las costumbres de consumo de esta se les atribuye principalmente a los pobladores rurales; sin embargo, no se han podido mantener estos hábitos con las nuevas generaciones, quienes no cuentan con conocimiento agroindustrial para el procesamiento de la misma, incluyendo la falta de equipo industrial necesario durante el proceso. Es por ello, que a través de esta investigación se aprovechó la cáscara de cacao para obtener pectina y ser evaluada en la elaboración de mermeladas.

Para finalizar, dentro de esta problemática también se destaca la falta de visión comercial por parte de los pobladores rurales, siendo este un obstáculo para dar a conocer el producto y a su vez generar fuentes de empleo e ingresos.

¿De qué manera afectan los tres niveles de inclusión de pectina de cáscara de cacao las propiedades sensoriales de la mermelada de piña?

V. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de tres niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de mermelada de piña

5.2. Objetivos Específicos

Caracterizar la pectina extraída de la cáscara de Cacao mediante análisis físico químico

Elaborar la mermelada de piña utilizando como gelificante la pectina de cáscara de cacao

Estimar el grado de aceptación de la pectina en sus diferentes niveles de inclusión en la mermelada de piña

VI. LIMITACIONES

Durante la ejecución de las pruebas para la extracción de la pectina, se identificó una limitante; la cual se encuentra asociada al período de recolección de la materia prima. La cosecha se llevó a cabo en la estación lluviosa, lo que provocó que las cáscaras absorbieran humedad y se degradaran con rapidez.

VII. MARCO TEÓRICO

7.1. Generalidades

7.1.1. La Pectina

La Pectina es una mezcla compleja de polisacáridos que constituye aproximadamente un tercio de las paredes celulares de las plantas superiores, en los últimos años ha adquirido gran interés pues sus aplicaciones pueden ser muy diversas en base a sus parámetros físico-químico y a su biodegradabilidad. Se extrae de cascara de cítricos y de pulpa de manzana en condiciones ligeramente ácida, fuente informativa de la extracción de pectina son los residuos provenientes de las industrias azucarera (Mamani Crispín, Ruiz Caro, Veiga , 2017).

7.1.2. Historia de la Pectina

La pectina fue descubierta por Vauquelin en 1790, pero fue realmente caracterizada por Braconnot en 1825, quien la describió como “el principal agente gelificante en las frutas” y le dio el nombre de pectina. En el siguiente siglo, Frémy, Wiesner, Manguin, Bourquelot, Hérissy, Tshirsch y Rosemberg, entre otros, realizaron investigaciones sobre ellas desde el punto de vista químico y biológico. Ogg, Branffot Onslow y Kertesz recolectaron y correlacionaron la numerosa bibliografía de los trabajos desarrollados en este período. En 1952 Joslyn hizo una muy buena revisión crítica de la literatura existente hasta el momento sobre las pectinas. Fishman, M.L. y Jen, J.J. hicieron una publicación en la cual se considera la pectina como el componente más importante de la pared celular al tiempo que se adentra en el conocimiento de su papel como agente nutricional y de gelificación en los alimentos (Ferreira M. S., 2007, pág. 13).

7.1.3. Composición química de la pectina

Las pectinas son polisacáridos de alto peso molecular que forman polímeros de unidades de ácido D-galacturónico unidas por enlaces glicosídicos α (1 $\rightarrow$ 4), cuyos grupos carboxilo están parcialmente esterificados con metanol y en algunos casos con etanol, las cadenas de la pectina están interrumpidas por unidades de L-ramnosa unidas por enlaces glicosídicos α (1 $\rightarrow$ 2), aunque también se pueden encontrar unidades de galactosa, arabinosa, glucosa y xilosa, generalmente en forma de cadenas laterales cortas.

Las pectinas se solubilizan en agua formando soluciones viscosas y en condiciones apropiadas son capaces de formar geles, este comportamiento varía en función del número de grupos carboxilo esterificados con metanol. De esta manera, las pectinas con más del 50% de los grupos carboxilo metoxilados (pectinas de alto metoxilo) forman geles a pH entre 2,8 y 3,5 con un contenido de sólidos solubles cercano al 65%; mientras que las pectinas con esterificaciones menores al 50% (pectinas de bajo metoxilo) requieren la presencia de cationes divalentes para formar el gel.

La pectina varía su composición según su origen, las condiciones empleadas para su extracción o parámetros como el peso molecular. La estructura de la pectina es complicada de determinar debido a que la pectina puede alterarse durante el proceso de separación, almacenamiento y procesamiento de la materia prima. (Rengifo Alava, Macías Moreira , 2019)

7.1.4. Clasificación de la pectina

Las pectinas según su grado de esterificación se pueden clasificar así: pectinas de alto grado de metoxilación (HM), pectinas de bajo grado de metoxilación (LM) y en otras sustancias pécticas como las pectinas desmetiladas o moléculas amidadas. Las pectinas HM presentan valores de metoxilación comprendida entre el 60% – 75% debido a que el metanol puede perderse con relativa facilidad por hidrólisis ácida o enzimática, dejando el grupo ácido libre, por esto se clasifica en función del porcentaje de restos de ácido galacturónico, y cuando este porcentaje disminuye hasta un 20% - 40% se habla de pectinas LM. (Rubiano, Montaña, Da Silva , 2022)

Pectinas de alto Metoxilo

Son aquellas pectinas que contienen entre el 50% y 80% de los grupos carboxílicos esterificados con metoxilo, lo cual le permite ser soluble en agua. Este tipo de pectinas requieren de grandes cantidades de azúcar (55 - 85%), un pH bajo (2,0 - 4,5) y elevada temperatura para formar gel con características rígidas y sólidas que los geles de pectinas con bajo metoxilo, pero estas pectinas sufren rápidas degradaciones en medios alcalinos.

Pectinas de bajo metoxilo

Las pectinas de bajo metoxilo son aquellas que usualmente contienen de un 25% al 50% de esterificación. Este tipo de pectinas pueden formar geles con o sin azúcar, en presencia de iones metálicos polivalentes, como el calcio, y en un amplio rango de pH (2,8 - 6,5), lo cual es una considerable ventaja de uso frente a las pectinas de alto metoxilo, pero las características de gel, como firmeza, plasticidad y resistencia al calor, son inferiores a la de las pectinas de alto metoxilo. (Macias, Rengifo, 2019)

7.1.5. Importancia de la Pectina

La importancia de las pectinas en diversos procesos del desarrollo vegetal ha sido ampliamente estudiada recientemente. Las características de la pared celular, tal como rigidez o relajación, dependen en gran medida del grado de metil esterificación de las pectinas. En particular, los constantes cambios estructurales de uno de los componentes de la pectina, los homogalacturonanos, a consecuencia de la actividad de pectin metil esterasas y poligalacturonasas y de las proteínas que inhiben estas enzimas, generan cambios locales en las características mecánicas de la pared celular que son fundamentales para el desarrollo vegetal. Estos procesos han sido ampliamente descritos durante el crecimiento del polen y en la formación de primordios en el meristemo apical de *Arabidopsis thaliana* (Salazar, Gamboa, 2013).

7.1.6. Usos de la Pectina

La pectina es el producto principal en la industria alimentaria, por ser rica en fibra dietética y por su capacidad gelificante; utilizada en distintos productos para dar la apariencia y textura deseada (como en compotas, jaleas, salsas, ketchup, mayonesas, confites), utilizada también en productos lácteos y bebidas dietéticas (como estabilizante y aumentar la viscosidad).

Las pectinas son utilizadas para las preparaciones de medicamentos como antidiarreico, desintoxicantes y protector de las drogas encapsuladas, como agentes absorbentes de lipoproteínas y actualmente existen investigaciones en su aplicación como membranas biopoliméricas cicatrizantes; reduce la intolerancia a la glucosa en diabéticos e incluso baja el nivel del colesterol sanguíneo y de la fracción lipoproteica de baja densidad; asimismo, ayuda en la inhibición potencial del cáncer y su metástasis.

En la industria cosmética, la pectina es empleada en las formulaciones de pastas dentales, ungüentos, aceites, cremas, desodorantes, tónicos capilares, lociones de baño y champú, por sus propiedades suavizantes y estabilizantes. Las pectinas también son utilizadas en la fabricación de plásticos, productos espumantes, productos clarificantes y aglutinantes, productos absorbentes, también en la fábrica de tabacos (como pegamento natural), en la microbiología (preparación de medios y agares), en la agricultura (conservación de suelos) y en la alimentación animal (Juarez, 2018, pág. 16).

7.2. El Cacao

El cacao es un árbol americano de origen amazónico, conocido también como *cacaotero*, ya que por cacao se refiere normalmente al fruto que da dicho árbol, o incluso al producto del secado y la fermentación de las semillas de dicho fruto. Se trata de un árbol de hoja perenne, siempre en floración, que requiere de climas húmedos y calurosos. Suele medir alrededor de 7 metros si es cultivado y por encima de 20 en la naturaleza.

El fruto del cacaotero, llamado “mazorca”, es una baya grande y ovalada, carnosa, cuya coloración tiende del amarillo a la púrpura, y de unos 30 cm de largo. Dentro de cada mazorca de cacao se encuentran entre 30 y 40 semillas, incrustadas en una pulpa. El fruto puede pesar unos 450 gramos al madurar, cosa que empieza a ocurrir a los cuatro o cinco años de vida del árbol. El cacao es originario de América y es más común el cultivo en los países de Colombia, Venezuela, Brasil, Ecuador, Perú, Trinidad y Tobago y en algunas zonas del país de México y también se cosecha en el continente africano, en los países de Costa de Marfil, Camerún, Nigeria, Togo, República de Congo y Ghana, así como en la selva asiática de Malasia e Indonesia. Actualmente se conocen tres variedades principales del cacao: Criollo (caribeño y centroamericano principalmente), Forastero (amazónico, pero cultivado en África mayormente) y Trinitario (híbrido). En torno a estos tres nombres se agrupan al menos diez familias modernas del cacao (Concepto, Equipo Editorial, 2021).

7.2.1. Industrialización del cacao en Nicaragua

En Nicaragua la industria que consume mayor cantidad de cacao en granos es la industria de los polis cereales y la de las bebidas a base de cacao. En el país existen cuatro empresas que producen productos terminados a base de cacao y disponen de pequeños mercados de exportación. También a nivel local existen empresas familiares que están produciendo productos elaborados con cacao “emprendimientos”. Los principales productos elaborados a base de cacao son: cereales y polis cereales, cacao en pasta para refresco, refrescos de cacao con leche, dulcería y en menor cuantía productos elaborados de chocolate, son de consumo masivo en la población y son de relativo bajo costo. (Martinez,Perez, 2022)

Un porcentaje importante de la producción de cacao lo procesan las empresas de cereales grandes existentes en el país como Café Soluble que consume un promedio de 130 toneladas de cacao anualmente y El Caracol con un promedio de 20 toneladas para la producción de poli cereales. La industria láctea, Parmalat, LALA y El Eskimo, compran cacao en granos para la producción de leche de cacao (¿cacao con leche o fresco de cacao?) e importan el chocolate para cubierta. Otras empresas transformadoras son las siguientes: El Vergel S.A, Industrias Momotombo, Castillo del Cacao S. A. que poseen pequeños mercados de exportación, donde venden productos terminados a base de chocolate. Las cooperativas La Campesina y SOPEXXCA están experimentando en la producción de barras de chocolate para el mercado nacional, con restricciones, dada la competencia de chocolates importados, principalmente Nestlé y Hershey que son de bajo costo. Existen otras procesadoras artesanales como jugos el Chele, Choco Museo, Mazorcas de Cacao, quienes ofertan sus productos en el mercado local (Martinez,Perez, 2022, pág. 32).

7.2.2. Importancia del cacao para la economía nicaragüense

En Nicaragua se es beneficiado con el clima que cuenta apto para la producción de cacao por esto el gobierno lo considera como prioritario y con mucho potencial, por esto se han realizado los documentos país para la mejora en la productividad, creando metas que según los resultados si se ha llegado a cumplir. Cultivándose alrededor de 20,000 manzanas de cacao (1 manzana equivale a 0.7 ha) de las cuales el 54% se encuentran en producción y en manos de 9,500 pequeños productores, con rendimientos promedio de 9.38 quintales/manzana y con una producción total de 4680 toneladas, de las cuales se exportan 3174

toneladas a los mercados de Alemania y Holanda (27%), Centroamérica (72.95) y Estados Unidos (3%), aportando a la economía nacional 5.77 millones de dólares en exportaciones y la generación de 30000 empleos.

Por otro lado, el cultivo del cacao en Nicaragua tiene el potencial de convertirse en una fuente de ingresos inmediata para los productores, 34 tomando en cuenta los retornos que provee este cultivo, en el ciclo de vida vegetativo de las plantas. Sin embargo, una de las limitaciones a superar es lograr el incremento del área a sembrar por unidad de finca de cada protagonista y el incremento de la productividad a través de la innovación tecnológica (Martínez, Pérez, 2022, pág. 33).

7.3. Concepto de la cáscara de cacao

La cáscara de cacao se obtiene cuando los granos son separados de la vaina. El grano de cacao es utilizado principalmente para la fabricación del chocolate, sin embargo, durante el procesamiento se generan residuos tales como la cáscara, cascarillas y efluentes de fermentación que representan hasta el 74-86 % en peso de la mazorca.

7.3.1. Beneficios de la cáscara de cacao

Las cáscaras de cacao es rica en carbohidratos, fibras proteínas, pectina y compuestos bioactivos como los polifenoles y carotenoides El alto porcentaje de residuos de cacao, hace de estos un problema ambiental y fitosanitaria en las plantaciones de cacao, pero teniendo en cuenta sus niveles nutricionales estos residuos pueden ser empleados para obtener productos con un alto valor agregado; entre los que se destacan los polifenoles y la fibra que se posicionan muy bien en los mercados actuales. (Villamizar, López, Arley, & René, 2017)

6.3.2. Usos de la cáscara de cacao

La cascarilla de cacao o cáscara de cacao, no es ampliamente utilizada en la industria del chocolate como el cacao en sí, pero se han encontrado algunos usos y aplicaciones en la parte de la gastronomía y la creación de bebidas, como en infusiones y té, donde se ha convertido en un ingrediente esencial para darle un sabor suave y aromático, esta bebida se prepara al

remojar la cascarilla en agua caliente lo que libera un sabor suave y afrutado, esta infusión brinda una alternativa sin cafeína a las bebidas de cacao y chocolate.

También se le puede dar otros usos como la elaboración de la harina haciendo un deshidratado completo para luego convertirlo en forma de harina y luego ser utilizada para la creación de otros subproductos en la industria de la repostería. O también para ser utilizada en las cocinas caseras para experimentar con nuevos sabores y texturas en platos dulces y salados, agregando un sutil sabor a chocolate a las preparaciones. (Chocolates Torras, 2023)

7.4. Mermelada de piña

La mermelada de frutas es un producto de consistencia pastosa y gelatinosa que se produce por la cocción y concentración de frutas sanas combinándolas con agua y azúcar. Se caracterizan por la inclusión de pulpa de frutas o de fruta entera. La elaboración de mermelada es hasta ahora uno de los métodos más comunes para conservar las frutas y su producción casera es superior a la producción industrializada.

7.4.1. Historia del uso de la mermelada como método de conservación de frutas.

Hacia la edad media, las jaleas, mermeladas y conservas de frutas ya eran populares en toda Europa. De hecho, la palabra jalea o jelly en inglés proveniente del francés geleé que quiere decir congelado o escarchado. El primer libro de cocina conocido por el mundo “De asuntos culinarios” escrito por el gastrónomo romano Marcus Gavius Apicius en el primer siglo D.C. incluyendo recetas para frutas preservadas. La mermelada se piensa fue creada por el médico de María, médico de Francia, en 1561 quien mezcló pulpa de naranja con azúcar molida para aliviar los mareos de la Reyna en sus viajes por barco. Hay quienes aseguran que la palabra mermelada proviene del francés Marie Est Malade o sea María está enferma. Al convertirse en una delicadeza real, los sabores fueron variados y enriqueciéndose. Cronistas reales de la época describen la magnificencia de banquetes lujosos que siempre incluían jaleas y conservas de frutas en sus menús.

La mermelada llegó al Nuevo Mundo alrededor del siglo XVII, y los primeros en llegar se apresuraron a hacer jaleas y conservas a partir de frutas del Nuevo Mundo. En los Estados Unidos, se descubrió que la pectina extraída de las manzanas espesaba la gelatina.

Las jaleas y mermeladas vienen en cientos de sabores y variedades, desde mermeladas de uva hasta exóticas mermeladas de chocolate y delicadas jaleas de flores. La jalea y la gelatina son populares entre los niños, mientras que las conservas de frutas son las favoritas de los adultos. Contiene aproximadamente 48 calorías por cucharada (la gelatina baja en calorías tiene menos), además de contener 0 grasas. Las jaleas y mermeladas siguen siendo los ingredientes preferidos para endulzar y dar sabor a nuestros alimentos, desde pasteles hasta simplemente untarlos en pan (Chacón, Mundo, & Vásquez, 2017, pág. 7).

7.4.2. Materia Prima para la elaboración de mermelada

Frutas

Los productos comestibles llamados frutos se derivan de las flores fertilizadas de plantas y árboles frutales. Al igual que las verduras, son tanto productos vegetales como frutos vegetales comestibles, pero generalmente las frutas se utilizan como postres por su sabor más dulce, mientras que las verduras se utilizan como platos, aunque actualmente se recomienda mantener las frutas alejadas del almuerzo y la cena para potenciar sus cualidades nutricionales. El mayor componente de las frutas es el agua, aunque muchas veces también contienen vitaminas, minerales y fibra. La mayoría (excepto el aguacate) no contienen grasa. Algunos contienen altas cantidades de potasio, como los plátanos, las uvas o los kiwis (De Conceptos, 2010).

Azúcar

Normalmente se le denomina al azúcar sacarosa o también llamado azúcar común o azúcar de mesa. El azúcar es un disacárido formado por una molécula de fructosa y una molécula de glucosa, que en Nicaragua se logra principalmente de la caña de azúcar o de la remolacha azucarera. En este caso el azúcar blanco se expone a un proceso de purificación final mecánico (por el método de centrifugación).

El azúcar moreno no sufre este proceso. El azúcar se puede clasificar por su origen (caña de azúcar, remolacha azucarera) o por el grado de refinación. Normalmente, el grado de refinación se indica visualmente por el color (azúcar moreno, azúcar dorado, azúcar blanco) y principalmente por el porcentaje de sacarosa que se ha extraído. La primera mención del azúcar se remonta a hace casi 5.000 años.

Los árabes golosos descubrieron las infinitas posibilidades que ofrecía después de invadir las regiones del Tigris y el Éufrates. Estos pueblos lo introdujeron en áreas recientemente conquistadas, cultivando caña de azúcar en Siria, Egipto, Chipre, Rodas y en todo el norte de África. Fue allí donde los químicos egipcios perfeccionaron su procesamiento y lo refinaron. Su consumo se expandió gracias a los viajes de los comerciantes venecianos y, un siglo después, gracias a las Cruzadas a Tierra Santa, el alimento se hizo conocido en toda la cristiandad (Azucares y Dulces, 2013, pág. 95).

Ácido Cítrico

Las frutas contienen ciertos grados de acidez de acuerdo a su maduración, varía también con la variedad de la fruta. En las mermeladas, la acción conservadora del azúcar es complementada por niveles altos de acidez, que determinan valores de pH entre 3.0 y 3.5 en el producto terminado; en este rango de pH, la mayoría de microorganismos no puede desarrollar y son menos resistentes al calor, siendo esta la razón por la que los productos ácidos se esterilizan con tratamientos térmicos leves. El ácido cítrico es importante para conferir brillo al color de la mermelada, mejora el sabor, ayuda a evitar la cristalización del azúcar y prolonga su tiempo de vida útil. La cantidad que se emplea de ácido cítrico varía entre 0.15 % y 0.2 % del peso total de la mermelada (Juarez, 2018, pág. 18).

VIII. HIPÓTESIS

El 3% de pectina de cáscara de cacao obtendrá mayor grado de metoxilización en la mermelada de piña.

IX. DISEÑO METODOLÓGICO

9.1. Ubicación geográfica

Macro localización

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Estelí, cabecera departamental del también nombrado departamento de Estelí, situado a 148 km de la capital, Managua.

Se encuentra ubicado en las coordenadas 13°05' latitud norte y 86°21' longitud oeste, con una altura de 844 msnm. Y con una extensión territorial de 795.7 km². (Ver anexo 1)

Micro localización

Además, el montaje de pruebas para la formulación de la mermelada de frutas y la selección de los panelistas encargados de catar las mismas se llevaron a cabo en el laboratorio de Agroindustria de la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, ubicada en el km,166 ½ carretera panamericano norte, Estelí, Nicaragua. (Ver anexo 2)

9.2. Enfoque, alcance de la investigación

El trabajo investigativo se enmarca dentro del enfoque cuantitativo, debido a que busca analizar y medir variables, este se caracteriza por su énfasis en la recolección de datos numéricos y su análisis a través de herramientas estadísticas

9.3.Descripción de unidad de análisis experimental

En la investigación se realizaron cuatro tratamientos con diferentes porcentajes de inclusión de pectina.

Los involucrados para esta investigación fueron estudiantes de grados superiores (quinto año de la modalidad presencial) y docentes de la carrera de ingeniería agroindustrial, modalidad regular de la UNFLEP, quienes tuvieron el papel de catadores y panelistas de la mermelada de piña por medio de un test de consumidores.

9.4. Definición de variables con su operacionalización

Tabla 1. Operacionalización de variables con su operacionalización

Objetivos Específicos	Variable	Definición conceptual	Sub variables	Indicadores	Técnicas de recolección de información	Fuente
Caracterizar la pectina extraída de la cáscara de Cacao mediante análisis físico químico	Caracterización de pectina	La caracterización de las materias primas permite determinar si cumplen con los requisitos de calidad para ser procesado.	Propiedades físico químicas	Grado de Metoxilización de las muestras Grado de Esterificación Humedad Proteína Grasas saturadas Carbohidratos Fibra cruda	Análisis físico químico y microbiológico	Pectina
Elaborar la mermelada utilizando como gelificante la pectina de cáscara de cacao.	Proceso de elaboración	Serie de operaciones y procesos necesarios que se realizan de forma planificada y sucesiva para lograr la elaboración de productos.	Gelificación	Estandarización de proceso Temperatura Tiempo de cada etapa	Flujograma Hoja de campo	Mermelada de frutas
Estimar el grado de aceptación de la pectina en sus diferentes	Aceptabilidad	Medición que intenta cuantificar la preferencia de los consumidores por un	Color: blanco, amarillo, marrón y café	Color Olor Sabor Textura	Escala Hedónica de 5 puntos	Panelistas

**niveles de
inclusión en la
mermelada de
piña.**

producto, midiendo
cuánto les gusta o les
disgusta, es decir, el
grado de satisfacción

Olor:
perceptible y
no perceptible
Sabor: dulce,
ácido, no
perceptible
Textura:
Espesa,
liquida,
sólida.

9.5.Diseños experimentales

Para esta investigación se empleó el diseño completamente al azar para comparar dos o más tratamientos, puesto que sólo considera dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio (Vera, Ormaza, & Coello, 2018)

Para la evaluación de la pectina de cáscara de cacao se llevaron a cabo cuatro tratamientos para las formulaciones de mermelada, donde el testigo será el tratamiento con 0% pectina, para el resto de los ingredientes se tomó como referencia el estudio realizado por (Reyes, Pérez, Suncin, & Fonseca, 2017) y fueron distribuidos de la siguiente manera:

Tratamiento 1: Pulpa de piña 58.6 % Azúcar 40 % Pectina 1 % Ácido cítrico 0.4 % Benzoato de sodio 0.05 %

Tratamiento 2: Pulpa de piña 58.6 %, Azúcar 40 %, Pectina 2 %, Ácido cítrico 0.4 %, Benzoato de sodio 0.05 %.

Tratamiento 3: Pulpa de piña 58.6 %, Azúcar 40 %, Pectina 3 %, Ácido cítrico 0.4 %, Benzoato de sodio 0.05 %.

Tratamiento 4: Pulpa de piña 58.6 %, Azúcar 40 %, Pectina 0 %, Ácido cítrico 0.4 %, Benzoato de sodio 0.05 %.

Modelo Aditivo Lineal

Se utilizó la formula $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$ para análisis cuantitativo para la explicación de variables a medir (Martinez, 2013)

9.5.1. Fases experimentales

Extracción de pectina a base de cáscara de cacao

La extracción de pectinas se realizará por medio de hidrólisis ácida a temperaturas cerca de los 90°C por 60 minutos. Las pectinas consecutivamente se extraen y separan de los desechos de diversos frutos mediante acidificación; se lo realiza usando ácidos como el cítrico; después de concentrarlas, se precipita con la adición de alcohol.

9.5.2. Pruebas de preferencia

Se utilizó la prueba descriptiva la cual se basa en los aspectos sensoriales cuantitativos, por grupos de personas entrenadas que dieron valores cuantitativos proporcionales a la intensidad que percibieron de cada uno de los atributos evaluados durante el análisis descriptivo. Dentro de las pruebas descriptivas podemos encontrar pruebas de: perfil del sabor, perfil de textura,

perfil de color y olor. Se requirieron 20 panelistas, escogidos por agudeza, motivación y entrenamiento. (Domínguez, 2007)

9.5.3. Análisis laboratorial

Se realizó un análisis químico en el laboratorio American University La-Au Departamento De Bioanálisis Clínico y Farmacia Laboratorio de Microbiología, Managua, para caracterizar las propiedades físico químicas de la pectina.

Se requirió conocer los componentes químicos, físicos y microbiológicos de la pectina., en donde se determinaron parámetros clave como pH, grado de metoxilación, contenido de humedad y viscosidad.

9.6.Técnicas e instrumentos para la recolección de información

En esta investigación donde predomina el método de observación y percepción de panelistas de cualidades, se utilizó la hoja de recogida de datos cuantitativos, donde se refleja las cualidades de perfiles de sabor, color, olor y textura en de la mermelada.

Mediante la investigación se analizaron los distintos tratamientos lo que permitió encontrar las diferencias entre formulaciones indicando cual es la mejor a través de los análisis sensoriales. Un aspecto importante en la investigación es que se usó la técnica de observación con fichas de campo diseñadas para medir los aspectos de cada característica organoléptica de las formulaciones para evaluar los perfiles sabor, color, olor y textura.

En el análisis organoléptico (color, olor, sabor y textura) se realizó análisis sensorial mediante pruebas descriptivas para valorar la aceptación del producto.

9.7.Confiabilidad y validez de los instrumentos

El instrumento que se utilizó para recolección de la información del presente estudio, es una encuesta, la cual fue aplicada a cada uno de los 20 expertos, por lo tanto, se podrá afirmar que, cada uno de los comentarios serán coherentes con las calificaciones.

9.8.Procedimientos para el análisis de los datos

Para el análisis de resultados del presente estudio, se utilizó estadísticas descriptivas para resumir las puntuaciones otorgadas por los expertos a cada tratamiento. Esto incluye una base de datos en el programa de Excel, seguidamente se trasladaron estos datos al programa estadístico INFOSTAT para realizar análisis de varianza por Tukey.

Se elaboraron también gráficas para representar el promedio de cada de las características organoléptica, perfil de sabor, perfil de olor, perfil de textura y perfil de color.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio del tema “Efecto de tres niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) en la elaboración de mermelada de piña” se presentan a continuación basados en los objetivos específicos que se emplearon como trabajo de campo, donde su ubicación de estudio fue en la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda con los estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial modalidad presencial.

10.1. Caracterización de la pectina extraída de la cáscara de cacao

La caracterización de la pectina extraída de la cáscara de cacao se realizó mediante análisis físico-químicos y microbiológicos, evaluando propiedades fundamentales para su aplicación en la elaboración de mermelada. Con respecto a las propiedades físico químicas se determinaron parámetros clave como pH, grado de metoxilación, contenido de humedad y viscosidad (tabla2).

Los resultados obtenidos indican que la pectina de cáscara de cacao es de alto metoxilo (>50%), lo que significa que puede formar geles en presencia de azúcar y a valores de pH ácidos. Su contenido de ácido anhidro galacturónico y grado de gelificación sugieren una estructura adecuada para su uso como espesante en productos alimentarios. Además, su baja humedad (8.2%) y cenizas (2.55%) son favorables para su estabilidad y conservación.

El perfil nutricional de la pectina extraída se evaluó en términos de contenido de lípidos, carbohidratos y minerales.

En el caso de la composición química se obtuvieron los niveles de grasas saturadas e insaturadas están dentro de rangos normales, lo que indica que la pectina conserva una composición balanceada. Sin embargo, el contenido de colesterol (7.22 mg/dL) es superior al esperado, lo que sugiere la posible presencia de residuos lipídicos de la cáscara de cacao.

El análisis microbiológico confirmó que no se aislaron microorganismos patógenos, lo que garantiza la inocuidad del producto y su viabilidad para aplicaciones alimentarias.

Tabla 2. Análisis físico químico de la pectina.

PRUEBA	RESULTADO	Medida
Densidad a 15°C	1.205	kg/m ³
Potencial hidrogeno (pH)	4.0	unid
% de Metoxilo	9.0	Mayor a 6.70%
Grado de Metoxilo	64.2	Mayor a 50%
Ácido anhidro galacturónico (% AAG)	69.0	Hasta 75.0%
% de Humedad	8.2	Hasta 12.0%
Cenizas Totales	2.55	1.96 – 3.87
Grado de gelificación	320.0	0.0 – 300.0
Viscosidad relativa	2.4	1.1 – 2.1
Grasas Saturadas	0.55 %	0.28 – 0.61
Ácidos grasos insaturados	1.2 %	0.15 – 0.96
Lípido Colesterol	7.22 mg/dL	0.25 – 5.0
Lactosa	11.4 mg/%	6.0 – 17.0
Glucosa	40.2 mg/%	25.0 – 50.0
Fructosamida	7.2 mg/%	Hasta 20.0
Hierro	1.6 ug/mL	1.0 – 2.5
Proteínas no nitrogenadas	0.33 mg/dL	Hasta 0.5
Fósforo	0.55 mg%	*

Los valores obtenidos indican que la pectina de cáscara de cacao posee características similares a las pectinas comerciales, especialmente en términos de grado de metoxilación y contenido de ácido anhidro galacturónico, lo que la convierte en una pectina capaz de lograr geles y texturas.

En investigaciones previas, como la de (Barazarte, Sangronis, & Unai, 2008), se obtuvieron resultados similares con respecto a la investigación presente; ya que se demostró que la pectina de cáscara de cacao puede ofrecer propiedades funcionales distintas debido a su

composición, grado de esterificación y contenido de metoxilo, mostró un poder gelificante lo cual les permitió preparar una mermelada con un nivel de agrado. Las pectinas de cáscaras de cacao presentan potencial aplicación en la industria de alimentos, pero es necesario optimizar los parámetros de extracción para aumentar su rendimiento.

10.2. Elaboración de la mermelada de piña utilizando como gelificante la pectina extraída de la cáscara de cacao

10.2.1. Extracción de la pectina.

La extracción de pectinas se realizó por medio de hidrólisis ácida a temperaturas cerca de los 90°C por 60 minutos. Las pectinas consecutivamente se extrajeron y se separaron de los desechos de diversos frutos mediante acidificación, en este caso la cáscara de cacao; se realiza usando ácidos como el cítrico; después de concentrarlas, se precipita con la adición de alcohol.

El proceso inicia con la recolección de la materia prima, que consiste en la obtención de la cáscara de cacao. Posteriormente, se realiza la selección y clasificación de las cáscaras, separando aquellas que se encuentran en mal estado. A continuación, se lleva a cabo el secado de las cáscaras con el objetivo de eliminar la humedad y facilitar el procesamiento posterior. Una vez secas, las cáscaras se trituran para reducir su tamaño y aumentar la superficie de contacto. Paralelamente, se prepara una solución ácida mediante la mezcla de agua con ácido cítrico en una proporción adecuada.

Esta solución se utiliza en el proceso de hidrólisis ácida, en el cual las cáscaras trituradas se mezclan con la solución ácida y se mantienen a una temperatura entre 80 y 90 grados Celsius durante una hora, con el fin de facilitar la ruptura de enlaces. Luego, se realiza el filtrado para separar el extracto líquido de pectina de las fibras sólidas no solubles. El extracto se somete a un proceso de concentración, que consiste en la evaporación del agua para obtener una solución más densa de pectina. Seguidamente, se adiciona etanol para precipitar la pectina

del extracto concentrado. Finalmente, el producto obtenido se envasa en recipientes adecuados y se almacena bajo refrigeración para su conservación y uso posterior.

10.2.2. Diagrama de flujo de proceso de extracción de pectina de cáscara de cacao

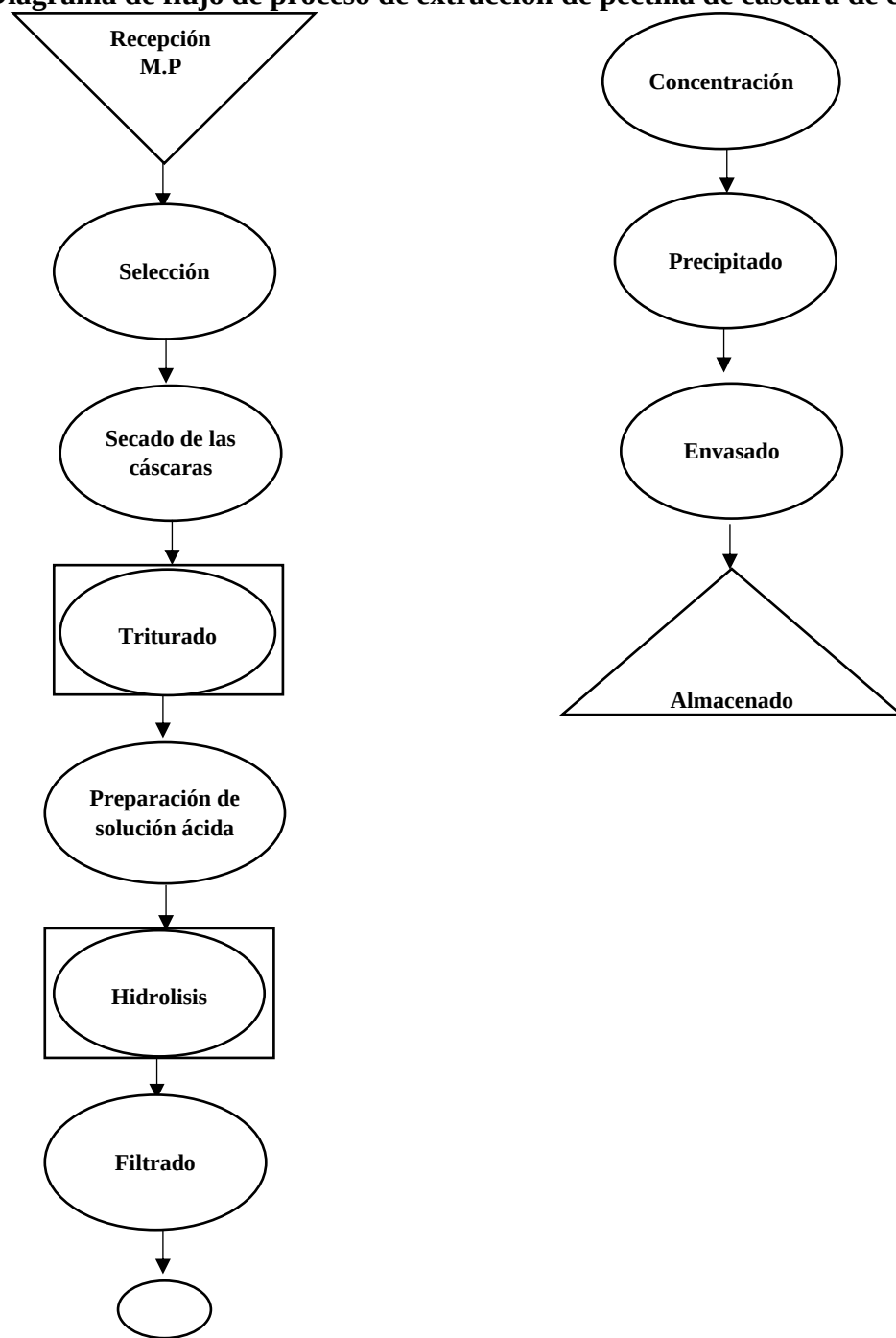


Figura 1. Flujograma de extracción de pectina mediante simbología ASME

En estudios previos, se han evaluado diferentes técnicas de extracción, como el uso de ácidos (ácido cítrico) y métodos enzimáticos que son más ecológicos y menos agresivos para la pectina. Por lo tanto, estos estudios demuestran que el proceso de extracción con ácido, es eficiente para liberar la pectina de las paredes celulares de la cáscara de cacao, respaldando los resultados de la presente investigación; aunque se señala que las condiciones del proceso, como la temperatura y el pH son determinantes en la calidad de la pectina obtenida.

10.2.3. Elaboración de la mermelada de piña.

La mermelada de piña se elaboró incorporando la pectina extraída en distintos porcentajes (0%, 1%, 2% y 3%) para evaluar su efecto en la gelificación del producto final.

En esta fase experimental, se realizó la caracterización fisicoquímica de las materias primas, partiendo de una muestra de 4 piñas de la variedad ananas comusus.

Se determinó el pH de cada muestra utilizando pH metro, para ello se introdujo en el jugo de piña y se hizo la respectiva lectura.

La determinación total de los azúcares de la piña se determinó mediante el uso de un refractómetro.

En esta etapa se aplicaron operaciones unitarias del proceso productivo de elaboración de mermelada de piña.

Recepción de materia prima: Las piñas compradas se llevaron en bolsas hasta el laboratorio de Agroindustria de la UNFLEP.

Selección: La materia prima se seleccionó de acuerdo a la variedad, al grado de madurez, el tamaño y condiciones físicas (magulladas, olor desagradable).

Pesado: Se pesan las piñas con cáscara, para su posterior lavado.

Lavado: Las piñas seleccionadas se lavaron con agua potable y cloro a una concentración de 200 ppm, por 5 minutos.

Cortado: La fruta lavada se cortó en trozos pequeños, esto se realizó en mesas de acero inoxidable, tablas y panas plásticas y cuchillos de acero inoxidable.

Escaldado: La materia prima se adicionó a un recipiente, llevando a una temperatura de 70°C por un tiempo de 3 a 4 minutos, luego se sometió a enfriamiento a 40°C.

Filtrado: Se utilizaron mantas de tela, para obtener el jugo de la pulpa.

Formulación: Se realizaron las 3 formulaciones que se plantearon teóricamente, Se tomaron en cuenta los °Brix iniciales de la materia prima, los insumos requeridos (pectina al 1% y 2% y 3%, ácido cítrico al 0.4% y benzoato de sodio al 0.05) y la cantidad de azúcar a través de un balance de materia.

Concentración: Esta operación se realizó en un recipiente de acero inoxidable, los parámetros de control que se aplicaron son temperatura (70°C) y °Brix (65), se le adicionó el jugo, pulpa y los ingredientes sólidos (azúcar, pectina y ácido cítrico), utilizando termómetro y un refractómetro.

Envasado: La mermelada se envasó en tasitas de plástico de 8 onza (se lavaron con abundante agua y jabón, luego se enjuagaron con agua caliente para pasar al horno con una temperatura de 100°C por 5 min.), la mermelada se envasó a una temperatura de 85°C.

10.2.4. Diagrama de flujo de la elaboración de la mermelada de piña.

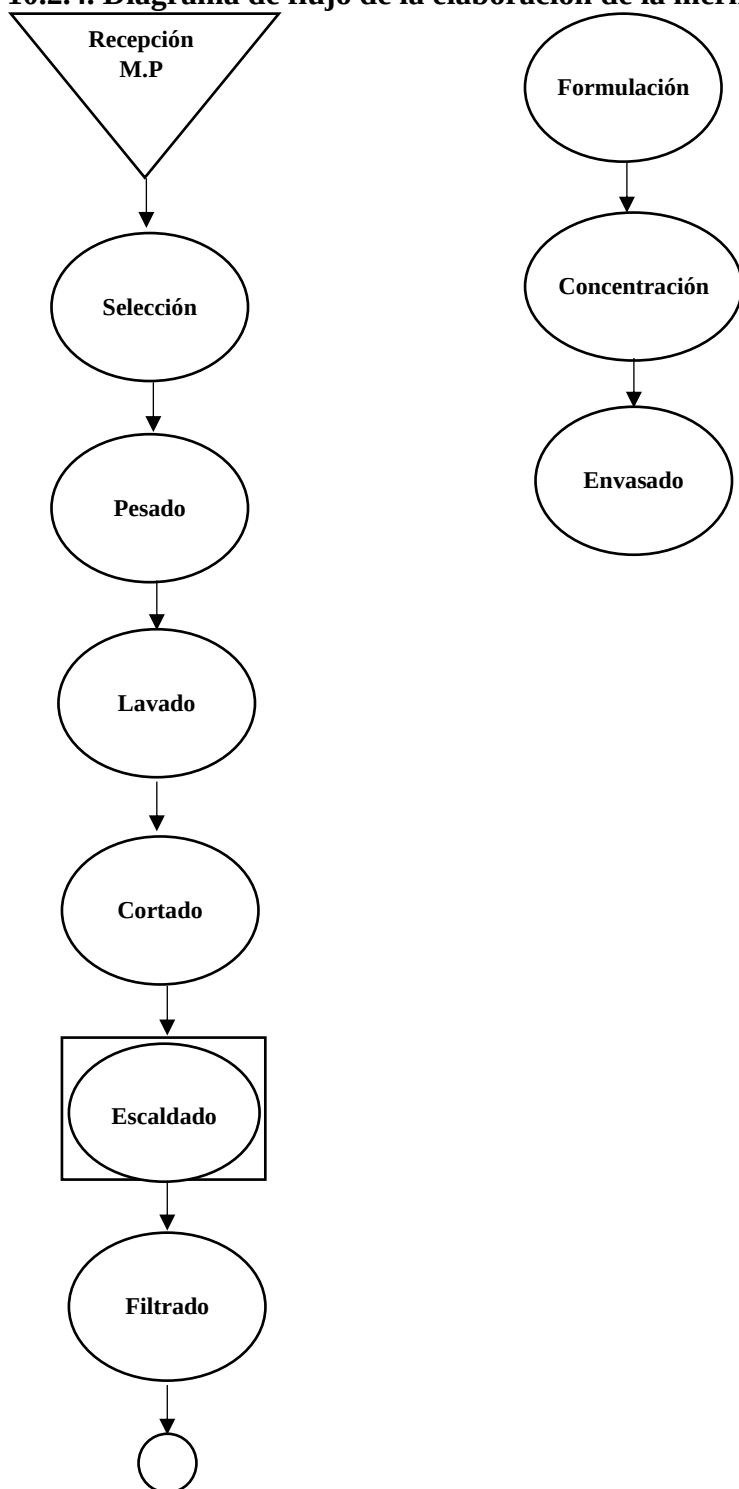


Figura 2. Flujograma de elaboración de mermelada de piña mediante simbología ASME

En la investigación realizada en 2018 las autoras buscaban una alternativa para conservación de frutas y hortalizas en la que optaron por una nueva elaboración de mermelada de piña, teniendo en cuenta el diagrama de flujo final que es: materia prima, selección de la materia prima, lavado, desinfección y enjuague, pelado y cortado, inmersión en solución antioxidante, impregnación de la solución osmótica, oreado y secado, homogenización de los rebanados, pre- cocción, cocción, envasado y enfriado, etiquetado y almacenado.

10.3. Aceptación de la pectina en sus tres niveles de inclusión en la mermelada de piña

Se evaluaron las características organolépticas, textura, olor, sabor y color de la mermelada de piña elaborada con tres niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao (1%, 2% y 3%), comparándolas con un tratamiento sin adición de pectina.

10.3.1. Textura

En la figura 3 los resultados del análisis de varianza ($p < 0.0001$) revelaron que existe una diferencia significativa entre los cuatro tratamientos evaluados confirmando que el nivel de pectina influye directamente en la percepción de textura en la mermelada. Los tratamientos con pectina presentaron una mejor consistencia de gelificación, lo cual demuestra que la pectina extraída funcionó eficazmente.

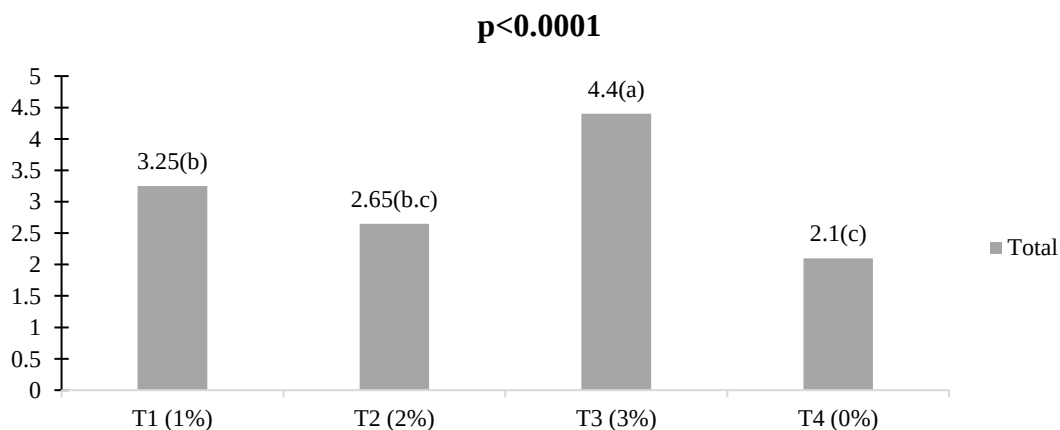


Figura 3. Análisis de aceptación de textura de la mermelada de piña

El tratamiento 3, con un 3% de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao obtuvo la mejor puntuación (4.4) siendo estadísticamente superior a todos los tratamientos. Esto indica que una mayor concentración de pectina favorece a una gelificación firme y estable, cualidad esencial en mermeladas de buena calidad.

En contraste, el tratamiento testigo (T4) sin adición de pectina obtuvo el valor más bajo (2.1) lo cual refleja una textura débil, líquida o inestable lo que resulta inadecuada para la expectativa del consumidor.

Al analizar los resultados, en la tabla 3, se observa claramente que el tratamiento con el 3% de pectina logró tener mayor firmeza y homogeneidad deseable en la mermelada en comparación a los demás tratamientos en menores cantidades. Esta consistencia está directamente relacionada con el grado de metoxilación de la pectina utilizada (64.2%), que indica que se trata de una pectina de alto metoxilo, ideal para formar geles en presencia de azúcar y ácido, condiciones propias de este tipo de productos.

Tabla 3. Análisis organoléptico de textura de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos

Tratamiento	Promedio de textura
1	3.25(b)
2	2.65(b.c)
3	4.4(a)
4	2.1(c)

En particular, el grado de aceptación de la pectina en las mermeladas de piña ha sido un tema de interés en varios estudios, ya que la piña con su contenido de ácido y azúcares naturales requiere una formulación adecuada para lograr una textura óptima en el producto final. En investigaciones previas como la de (Reyes, Pérez, Suncin, & Fonseca, 2017) se ha observado que la adición de pectina en mermeladas de frutas incluida la piña mejora significativamente la consistencia y la estabilidad del gel. Dicha investigación sugiere que los consumidores muestran una preferencia por mermeladas con una textura que no sea demasiado líquida, ni demasiado firmes lo que indica que la pectina debe ser dosificada adecuadamente para equilibrar estos factores.

10.3.2. Olor.

El análisis estadístico arrojó un valor de $p < 0.05$ lo cual indica que hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al olor percibido.

Los resultados obtenidos de las evaluaciones sensoriales realizadas por el panel de catadores destacaron que en el atributo de olor los resultados fueron similares entre los tratamientos, se observó una ligera preferencia por los que contenían pectina, estos mantuvieron una percepción aceptable sin desarrollo de olores fermentados o indeseables.

Según los panelistas el olor de las mermeladas se encontraba entre perceptible y ligeramente fuerte, con una puntuación igual entre el tratamiento 1 y 3. Por otro lado el tratamiento 2 arrojó el resultado más alto (3.7) siendo esta muestra la más fuerte y perceptible; mientras que el tratamiento 4 (sin pectina) presentó un olor débilmente perceptible. Los resultados indican que la inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao mejora las propiedades sensoriales del producto final.

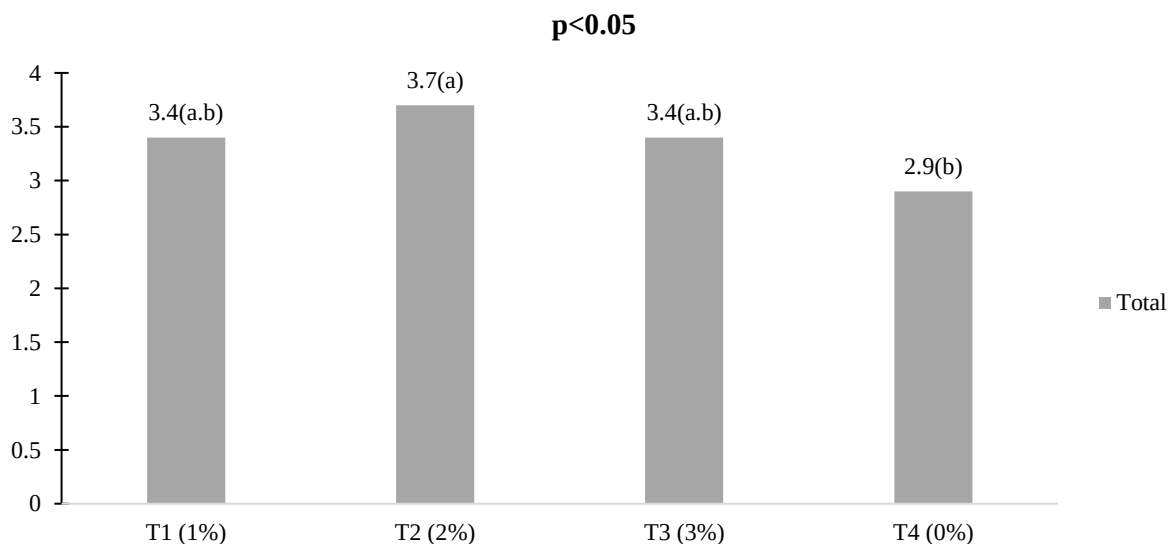


Figura 4. Análisis de aceptación de olor de la mermelada de piña

Al analizar los resultados de la tabla 4 se considera que la incorporación de pectina natural no afecta negativamente el aroma de la mermelada, sino que incluso podría favorecer la estabilidad de olor fresco durante el proceso de cocción y conservación.

Tabla 4. Análisis organoléptico de olor de la mermelada de los cuatro tratamientos

Tratamiento	Promedio Olor
1	3.4 (ab)
2	3.7 (a)
3	3.4 (ab)
4	2.9 (b)

Los resultados sugieren que la pectina extraída cumple su función como agente gelificantes, sino que también contribuye a mantener el perfil aromático deseado.

Nuestros resultados coinciden con (Reyes P. S., 2017) quienes en su estudio realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN- LEÓN, encontraron que el olor de la mermelada es un factor fundamental que influye directamente en la preferencia del consumidor, como lo demuestra su estudio previo en el que se analiza como los ingredientes pueden modificar las propiedades sensoriales de los productos, ya que la pectina es un polímero natural que se utiliza como gelificante en mermeladas y podría tener un impacto en el perfil aromático del producto final, modificando la percepción olfativa del consumidor.

10.3.3. Sabor.

En la figura 5 los resultados del análisis sensorial del atributo sabor fue distribuido en 4 variables fundamentales: Afrutado, fermentado, ácido y dulce, permitiendo así una lectura más detallada de la percepción gustativa de los panelistas frente a las 4 formulaciones de mermelada de piña. La evaluación se realizó en una escala del 1 al 5 y los resultados mostraron diferencias claras entre tratamientos tanto en balance como en intensidad.

Mediante el análisis de varianza se demuestra que hay diferencias estadísticas (ver tabla 5), especialmente para el sabor ácido y dulce, en relación al sabor afrutado y fermentado.

El T3 (3%) sobresale por haber logrado el perfil más armónico, en sabor afrutado (3.30), así como un nivel equilibrado en acidez (2.53) y dulzura (3.85), lo que evidencia una buena integración entre los compuestos naturales de la piña y el efecto gelificante de la pectina natural, sin presentar desviaciones indeseables como la fermentación.

El tratamiento testigo (T4), en cambio, aunque presentó el mayor valor en dulzura (4.75) también presentó puntuaciones más elevadas en fermentado (1.38) y ácido (2.00) lo que podría indicar un desequilibrio en el sabor, lo que puede afectar negativamente la percepción del producto final.

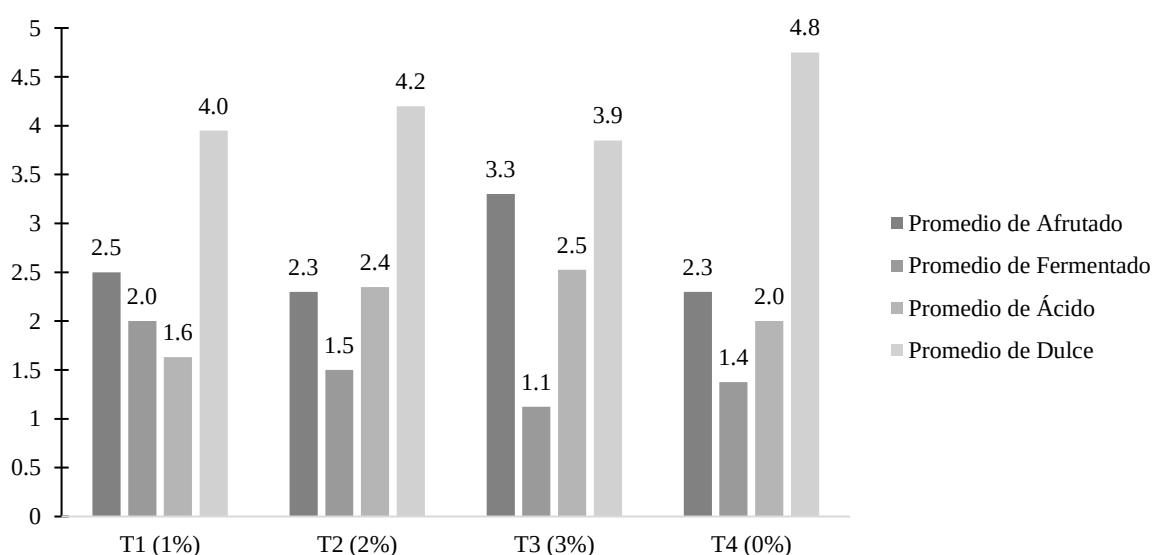


Figura 5. Análisis de aceptación de sabor de la mermelada de piña

Los resultados de los análisis de sabor, detallados en la tabla 5 reflejaron que la presencia de pectina mejora el sabor en general, destacando el T3 en donde se logra fusión óptima en sabor y textura.

Tabla 5. Análisis organoléptico de sabor de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos

Tratamiento	Afrutado	Fermentado	Acido	Dulce
1	2.50(a)	2.00(a)	1.63(b)	3.95(b)
2	2.30(a)	1.50(a)	2.35(ab)	4.2(ab)
3	3.30(a)	1.125(a)	2.526(a)	3.85(b)
4	2.30(a)	1.375(a)	2(ab)	4.75(a)

Este análisis es clave, ya que el sabor es el atributo más determinante en la aceptación del producto por parte del consumidor. En esta investigación se demostró que la inclusión del 3% de pectina extraída de la cáscara de cacao cumple con la función gelificante además potencia la experiencia sensorial del producto final.

Por otro lado, en una investigación realizada por (Núñez Andrade, 2022) sobre las mermeladas de frutas tropicales, se indicó que una formulación optimizada de pectina no solo mejora la textura, sino también ayuda a preservar el sabor natural de la piña, respaldando así los resultados obtenidos de la investigación de extracción de pectina de cáscara de cacao. El estudio sugiere que cuando se empleen las cantidades correctas la pectina puede actuar como un estabilizador que resalta los sabores de la piña sin causar alteraciones en la percepción de frescura.

10.3.4. Color.

El análisis sensorial del color se basó en dos categorías: Amarillo claro y café claro para evaluar si la inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao influía en la apariencia visual de la mermelada de piña. La evaluación se realizó en escala de 1 a 5, los resultados mostraron diferencias importantes en la percepción del color según el tratamiento aplicado (figura 6).

El T3 (3%) obtuvo la puntuación más alta en el color amarillo claro (2.80) significativamente al T1 (1.94) y estadísticamente diferente según las letras asignadas (a para T3 versus b para T1) esto indica que este nivel de pectina favorece la conservación del color natural de la piña, posiblemente debido a una menor oxidación de pigmentos durante la cocción, debido a la acción protectora de la pectina como estabilizante. A nivel visual el T3 es preferido por los consumidores porque comunica frescura, calidad y naturalidad en productos de fruta.

El T1 (1% de pectina) mostró la mayor puntuación en café claro (2.50), mientras que T4 (sin pectina) fue el único que no presentó ningún valor en esa categoría lo cual indica un cambio notable en la percepción del color hacia las tonalidades más oscuras en presencia de pectina a bajas concentraciones.

El oscurecimiento del T1 puede deberse a una combinación de factores, como las reacciones de Maillard o caramelización parcial, posibles cuando hay azúcares disponibles, temperaturas elevadas y menor retención de humedad; también podría deberse con una gelificación incompleta.

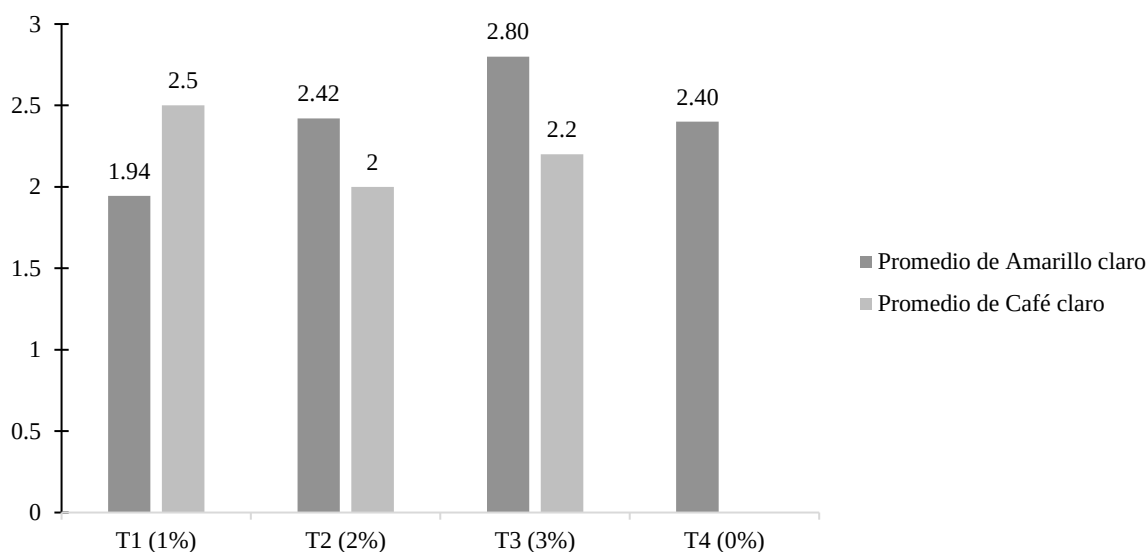


Figura 6. Análisis de aceptación de color de la mermelada de piña

Los resultados de los análisis de color, detallados en la tabla 6 de los tratamientos 2 (2.42) y T4 (2.40) en amarillo claro no presentaron diferencias significativas con el T3, pero si mostraron valores más bajos, lo que sugiere que a pesar de que aportan estabilidad al color, solo el tratamiento con 3% de pectina logra optimizarlo realmente.

Tabla 6. Análisis organoléptico de la mermelada de piña de los cuatro tratamientos

Tratamiento	Amarillo Claro	Café claro
1	1.94(b)	2.50(b)
2	2.42(ab)	2.00(b)
3	2.8(a)	2.20(b)
4	2.40(ab)	(a)

Desde la perspectiva agroindustrial el color es un atributo crítico para la comercialización de mermeladas ya que influye directamente en la decisión de compra. Una mermelada debe tener una apariencia brillante y color amarillento, asociada con frescura y buena calidad; por lo tanto, el papel de la pectina, no es solo como gelificante sino también como estabilizador visual ayudando a preservar la apariencia natural del producto y mejorar su aceptación

sensorial. En este estudio el uso de pectina extraída de la cáscara de cacao al 3% permitió alcanzar el color más atractivo lo que presenta un valor agregado.

En síntesis, el análisis de las gráficas confirma que la inclusión de 3% de pectina ofrece un equilibrio sensorial más atractivo y mejora el olor, color, la textura y el perfil de sabor de la mermelada, validando así el potencial de esta pectina como sustituto natural y funcional de los aditivos comerciales en la elaboración de productos alimenticios.

En un estudio de investigación (Ferreira S.) Analizó como diferentes concentraciones de pectina afectaban la intensidad de color en mermeladas de frutas tropicales, observando que niveles más bajo de pectina generaban mermeladas más claras y con un tono más cercano al natural de la fruta. Este hallazgo es relevante para la mermelada de piña, ya que los consumidores prefieren productos que mantengan el color característico de la fruta, el cual es amarillento y ligeramente dorado.

XI. CONCLUSIONES

La caracterización fisicoquímica de la pectina extraída de la cáscara de cacao reveló propiedades relevantes como el contenido de metoxilo, ácido anhidrido galacturónico y capacidad de gelificación; considerándose una pectina de alto metoxilo (>50%), además su bajo contenido de cenizas (2.55) y humedad (8.2) resultaron ser favorables para su conservación; estos parámetros son claves e indican que la pectina extraída de la cáscara de cacao es una fuente viable para aplicaciones en la industria alimentaria, mostrando características comparables a las de pectinas comerciales.

Con respecto a la elaboración de mermelada de piña utilizando pectina de cáscara de cacao demostró tener un impacto positivo en la textura de mermelada, se observó que un nivel óptimo de pectina contribuyó a una consistencia más adecuada y agradable al paladar, mejorándola retención de forma y evitando la separación de líquidos. Los parámetros de textura y consistencia fueron favorables, sugiriendo que la pectina de cacao sustituye eficazmente a otros gelificantes en la producción de mermeladas naturales.

La evaluación sensorial de la mermelada de piña elaborada con diferentes niveles de inclusión de pectina extraída de la cáscara de cacao, permitió identificar diferencias claras entre los tratamientos, evidenciando que la concentración de este aditivo influye significativamente en las características sensoriales del producto final. Aunque la mermelada testigo (0% de pectina) fue bien valorada, la mermelada con pectina de cacao recibió puntajes competitivos en términos de sabor, color, olor y textura sugiriendo que puede ser una alternativa atractiva para consumidores interesados en productos más naturales y sostenibles.

En general, el tratamiento con 3% de pectina además de lograr mayor aceptación sensorial, aportó mejoras en la calidad tecnológica del producto. Estos resultados son especialmente importantes desde la perspectiva agroindustrial, ya que demuestran que es posible sustituir la pectina comercial por una pectina natural obtenida de un subproducto agroindustrial como la cáscara de cacao, contribuyendo así a un modelo de producción más sostenible, con menor dependencia de insumos importados y mayor aprovechamiento de los recursos locales.

XII. RECOMENDACIONES

Asegurarse de utilizar materia prima (cáscara de cacao) frescas y de buena calidad, para realizar un muestreo para asegurar resultados.

Elaborar una receta de mermelada de piña ajustando las proporciones de fruta y azúcar según sea necesarias para lograr un equilibrio de dulzura y acidez. Además de determinar la cantidad optima de pectina extraída de la cáscara de cacao a utilizar realizando pruebas para evaluar la textura y consistencia de la mermelada. También ajustar los tiempos y temperaturas de cocción para optimizar la gelificación y monitorear el proceso para evitar la caramelización excesiva del azúcar.

Realizar pruebas de cata a ciegas para evitar sesgos, involucrando a un panel de catadores que evalúen diferentes atributos (textura, sabor, olor y color). Utilizar herramientas estadísticas para analizar los resultados de las pruebas organolépticas y determinar si hay diferencias significativas en la aceptación.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- Mamani Crispín, Ruiz Caro, Veiga , P. (2017). Pectina: Usos Farmacéuticos y Aplicaciones Terapéuticas. Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica, Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid, Plaza Ramón y Cajal s/n, 28040-Madrid, España. Obtenido de <https://www.academia.edu/33316410/Pectina>
- Azucares y Dulces. (2013). Obtenido de https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/azucar_tcm30-102346.pdf
- Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): Una posible fuente comercial de pectinas. Caracas: Scielo.
- Chacón, C., Mundo, L., & Vásquez, S. (Agosto - Diciembre de 2017). Proyecto, elaboracion de mermelada artesanal de piña. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez Chis. Obtenido de https://www.academia.edu/37449585/PROYECTO_MERMELADA_PINA
- Chocolates Torras. (2023). Torras 1890. Obtenido de <https://chocolatestorras.com/cascarilla-de-cacao/>
- Concepto, Equipo Editorial. (Agosto de 2021). *Concepto*. Recuperado el 16 de myo 2024, de <https://concepto.de/cacao/>
- De Conceptos. (6 de Abril de 2010). Obtenido de <https://deconceptos.com/ciencias-naturales/frutas>
- Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial*. Obtenido de Guía para la Evaluación Sensorial: file:///C:/Users/marti/Downloads/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf
- Ferreira, M. S. (2007). PECTINAS: AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y PRODUCCIÓN A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES Y DE LOS RESIDUOS DE SU PROCESAMIENTO INDUSTRIAL. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Deptmento de Farmacia.
- Ferreira, S. (s.f.). *PECTINAS: AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y PRODUCCIÓN A PARTIR DE FRUTA TROPICALES*. Bogotá.

- Juarez, M. (2018). “EXTRACCIÓN DE PECTINA DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica* L.) DE VARIEDAD EDWARD Y SU APLICACIÓN EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA, CHULUCANAS-PIURA”. Chulucanas - Piura. Obtenido de https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/550/juarez_maricarmen_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=1
- Macias, Rengifo. (Agosto de 2019). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao)*. Calceta.
- Martinez, F. (17 de septiembre de 2013). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fmartinezsolaris/estadstica-y-diseos-experimentales-aplicados-a-la-educacin-superior>
- Martinez,Perez, D. (2022). *La producción de cacao como actividad económica en crecimiento del sector agropecuario en Nicaragua*. Uniersidad Naconal Autonoma de Nicaragua UNAN Managua. Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/17819/1/17819.pdf>
- Núñez Andrade, I. G. (2022). “*USO DE PECTINA Y ALGINATO DE SODIO COMO AGENTES GELIFICANTES EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA DE JAMAICA Y EVALUACIÓN DE SU EFECTO EN LOS PARÁMETROS DE CALIDAD*”.
- Rengifo Alava, Macías Moreira , Y. (agosto de 2019). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao)*. Calceta. Obtenido de file:///D:/Downloads/TTMAI6%20(2).pdf
- Reyes, D., Pérez, C., Suncin, I., & Fonseca, M. d. (Febrero de 2017). *UNAN, LEÓN*. Obtenido de <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6725/1/240086.pdf>
- Reyes, P. S. (Febrero de 2017). *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE MERMELADA DE PIÑA (ANANAS COMUSUS), EN LA COOPERATIVA MULTISECTORIAL DE MUJERES UNIDAS FÉ Y ESPERANZA R.L., UBICADA EN LA COMUNIDAD MUJERES UNIDAS FÉ Y ESPERANZA R.L., UBICADA EN LA COMUNIDAD*. Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua. UNAN León.

- Rubiano, Montaña, Da Silva , V. (Noviembre de 2022). Pectina: Extraccion, usos e importancia en la agroindustria. Mestrado em fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, Brasil. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/365496440_Pectinas_extraccion_usos_e_importancia_en_la_agroindustria
- Salazar, Gamboa, A. (2013). IMPORTANCIA DE LAS PECTINAS EN LA DINÁMICA DE LA PARED CELULAR DURANTE EL DESARROLLO VEGETAL. Departamento de Ecología Funcional, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. México,. Obtenido de <https://scielo.org.mx/pdf/reb/v32n2/v32n2a3.pdf>
- Vera, F., Ormaza, R., & Coello, R. (1 de 11 de 2018). Aplicación de un diseño experimental completamente al azar para determinar la variabilidad de tamaño en síntesis de nanopartículas de hierro. *Ciencia Digital*, 2(4.1). doi:<https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v2i4.1..195>
- Villamizar, J., Lopez, G., Arley, L., & René, J. (Enero de 2017). Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. Cúcuta Colombia. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319916258_Cascara_de_cacao_fuente_de_polifenoles_y_fibra_simulacion_de_una_planta_piloto_para_su_extraccion

XIV. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica

Macro localización



Micro localización



Anexo 2. Ficha de características organolépticas

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Sexo: M ____ F ____

Objetivo: Esta prueba está diseñada para medir propiedades sensoriales y determinar su importancia para predecir las características de los diferentes tratamientos.

Deguste las cuatro muestras presentes y escriba las características organolépticas de los tratamientos según la leyenda en cuanto a sabor, color textura y olor escribiendo en el cuadro.

Tablas de análisis sensorial.

SABOR T.1		
Características-sabor	Total, puntaje- 12 panelistas	Promedio Aritmético
Dulce (5)		
Acido (4)		
Amargo (3)		
Fermentado (2)		
Afrutado (1)		

COLOR T.1			
Color	Intensidad		
	Intenso (3)	Adecuado (2)	Incoloro (1)
Amarillo claro			
Marrón			
Café claro			

OLOR T.1	
Olor	Puntaje
Fuerte (5)	
Ligeramente fuerte (4)	
Perceptible (3)	
Débilmente perceptible (2)	
No perceptible (1)	

TEXTURA T.1	
Textura	Puntaje
Gelatinosa	
Muy Rígida (4)	
Rígida (3)	
Suave (2)	
Porosas (1)	

Objetivo: Esta prueba está diseñada para medir propiedades sensoriales y determinar su importancia para predecir las características de los diferentes tratamientos.

Deguste las cuatro muestras presentes y escriba las características organolépticas de los tratamientos según la leyenda en cuanto a sabor, color textura y olor escribiendo en el cuadro.

Tablas de análisis sensorial.

SABOR T.2		
Características-sabor	Total, puntaje- 12 panelistas	Promedio Aritmético
Dulce (5)		
Acido (4)		
Amargo (3)		
Fermentado (2)		
Afrutado (1)		

COLOR T.2			
Color	Intensidad		
	Intenso (3)	Adecuado (2)	Incoloro (1)
Amarillo claro			
Marrón			
Café claro			

OLOR T.2	
Olor	Puntaje
Fuerte (5)	
Ligeramente fuerte (4)	
Perceptible (3)	
Débilmente perceptible (2)	
No perceptible (1)	

TEXTURA T.2	
Textura	Puntaje
Gelatinosa	
Muy Rígida (4)	
Rígida (3)	
Suave (2)	
Porosas (1)	

Objetivo: Esta prueba está diseñada para medir propiedades sensoriales y determinar su importancia para predecir las características de los diferentes tratamientos.

Deguste las cuatro muestras presentes y escriba las características organolépticas de los tratamientos según la leyenda en cuanto a sabor, color textura y olor escribiendo en el cuadro.

Tablas de análisis sensorial.

SABOR T.3		
Características-sabor	Total, puntaje- 12 panelistas	Promedio Aritmético
Dulce (5)		
Acido (4)		
Amargo (3)		
Fermentado (2)		
Afrutado (1)		

COLOR T.3			
Color	Intensidad		
	Intenso (3)	Adecuado (2)	Incoloro (1)
Amarillo claro			
Marrón			
Café claro			

OLOR T.3	
Olor	Puntaje
Fuerte (5)	
Ligeramente fuerte (4)	
Perceptible (3)	
Débilmente perceptible (2)	
No perceptible (1)	

TEXTURA T.3	
Textura	Puntaje
Gelatinosa	
Muy Rígida (4)	
Rígida (3)	
Suave (2)	
Porosas (1)	

Objetivo: Esta prueba está diseñada para medir propiedades sensoriales y determinar su importancia para predecir las características de los diferentes tratamientos.

Deguste las cuatro muestras presentes y escriba las características organolépticas de los tratamientos según la leyenda en cuanto a sabor, color textura y olor escribiendo en el cuadro.

Tablas de análisis sensorial

SABOR T.4		
Características-sabor	Total, puntaje- 12 panelistas	Promedio Aritmético
Dulce (5)		
Acido (4)		
Amargo (3)		
Fermentado (2)		
Afrutado (1)		

COLOR T.4			
Color	Intensidad		
	Intenso (3)	Adecuado (2)	Incoloro (1)
Amarillo claro			
Marrón			
Café claro			

OLOR T.4	
Olor	Puntaje
Fuerte (5)	
Ligeramente fuerte (4)	
Perceptible (3)	
Débilmente perceptible (2)	
No perceptible (1)	

TEXTURA T.4	
Textura	Puntaje
Gelatinosa	
Muy Rígida (4)	
Rígida (3)	
Suave (2)	
Porosas (1)	

Anexo 3. Hoja de análisis físico químico de la pectina

AMERICAN UNIVERSITY LA-AU
DEPARTAMENTO DE BIOANÁLISIS CLÍNICO Y FARMACIA
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA

Muestra	ANALISIS DE PECTINA DE CACAO
Código	LC-2025-0024-PCT
Fecha de recolección	18 de enero 2025
Fecha de reporte	28 de enero 2025

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Análisis de muestreo por hidrolisis con ácido cítrico y HCl monohidratado con proporción en pH: 4.0

PRUEBA	RESULTADO	Medida
Densidad a 15°C	1.205	kg/m³
Potencial hidrogeno (pH)	4.0	unid
% de Metoxilo	9.0	Mayor a 6.70%
Grado de Metoxilo	64.2	Mayor a 50%
Ácido anhidro galacturónico (% AAG)	69.0	Hasta 75.0%
% de Humedad	8.2	Hasta 12.0%
Cenizas Totales	2.55	1.96 – 3.87
Grado de gelificacion	320.0	0.0 – 300.0
Viscosidad relativa	2.4	1.1 – 2.1
Grasas Saturadas	0.55 %	0.28 – 0.61
Ácidos grasos insaturados	1.2 %	0.15 – 0.96
Lípido Colesterol	7.22 mg/dL	0.25 – 5.0
Lactosa	11.4 mg/%	6.0 – 17.0
Glucosa	40.2 mg/%	25.0 – 50.0
Fructosamida	7.2 mg/%	Hasta 20.0
Hierro	1.6 ug/mL	1.0 – 2.5

Proteínas no nitrogenadas	0.33 mg/dL	Hasta 0.5
Fosforo	0.55 mg%	*

* Cada analizador establece su criterio de referencia

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Cultivo

No se aislo microorganismo patógeno para sustancia de Alimento.

MSc. Wilber Roa Siles, responsable de laboratorio



Control de Calidad: MSc. Germán Gaitán Mendoza.

A handwritten signature in blue ink, followed by a rectangular official stamp. The stamp contains the text: "MSc. Germán G. Gaitán M.", "Laboratorio de Control de Alimentos", "Instituto Tecnológico de Tarma", "Tarma - Perú", and "Código: 11111111".

Anexo 4. Análisis de varianza

Textura

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	80	0.42	0.40	33.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		58.30	3	19.43	18.26 <0.0001
Tratamiento		58.30	3	19.43	18.26 <0.0001
Error		80.90	76	1.06	
Total		139.20	79		

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.85703

Error: 1.0645 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	2.10	20	0.23 A
2	2.65	20	0.23 A B
1	3.25	20	0.23 B
3	4.40	20	0.23 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Olor

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	80	0.09	0.06	27.31

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		6.60	3	2.20	2.63 0.0562
Tratamiento		6.60	3	2.20	2.63 0.0562
Error		63.60	76	0.84	
Total		70.20	79		

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.75989

Error: 0.8368 gl: 76

Tratamiento	Medias	n	E.E.
4	2.90	20	0.20 A
1	3.40	20	0.20 A B
3	3.40	20	0.20 A B
2	3.70	20	0.20 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Anexo 5. Galería Fotográfica



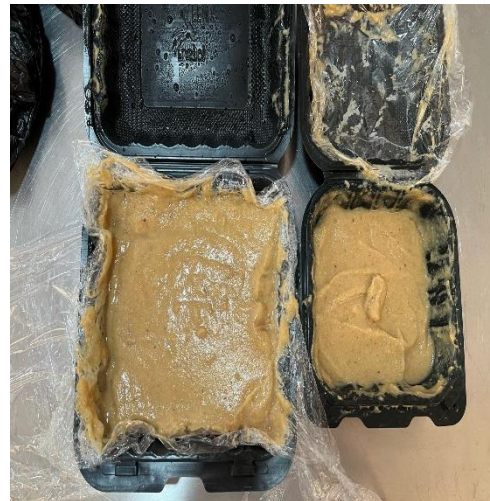
Cáscara de cacao para posterior extracción



Laboratorio de agroindustria



Pectina extraída de cáscara



Tratamientos de la mermelada de piña



Panelistas catando la mermelada de piña



Panelistas catando los cuatro tratamientos de mermelada de piña