

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

POSGRADO



MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

“Influencia del uso de pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuan (*Vasconcellea pubescens*)”

Trabajo de titulación previa la obtención del
Título de Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Autora: Rodríguez Huera Mishell Carolina

Tutor: Burbano Pulles Marco MSc.

Tulcán, 2024

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el maestrante Rodríguez Huera Mishell Carolina con el número de cédula 0401882360 ha elaborado el trabajo de titulación “Influencia del uso de pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuan (*Vasconcellea pubescens*)”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuestas en la Codificación del reglamento de Régimen Académico y de estudiantes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi con RESOLUCIÓN N° 171-CSUP- 2023, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva,

.....

Burbano Marco, MSc.

TUTOR

Tulcán, Noviembre del 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magíster en Ciencia y tecnología de alimentos. Yo, Rodríguez Huera Mishell Carolina con cédula de identidad número 0401882360 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

AUTORA

Rodríguez Huera Mishell Carolina

Tulcán, noviembre del 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rodríguez Huera Mishell Carolina declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: Influencia del uso de pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuan (*Vasconcellea pubescens*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

.....

AUTORA

Rodríguez Huera Mishell Carolina

Tulcán, noviembre del 2024

AGRADECIMIENTO

Agradezco de corazón al Señor Jesús y a la Virgen de la Purificación por siempre protegerme, guiarme y bendecirme, no dejarme sola. Siempre han estado a mi lado, acompañándome en cada paso de este camino.

A mi madre, quien ha sido padre y madre a la vez, su sacrificio y dedicación son mi mayor motivación y fuerza para alcanzar mis metas.

A mi abuelita por ser una madre para mí. Sus palabras de aliento y sabiduría han sido un motor constante que impulsa mis sueños y metas.

A mi tío Jairo Huera por su incondicional apoyo y por ser un pilar fundamental en mi vida, siempre actuando como un padre para mí.

Agradezco de todo corazón a mis hermanos y a toda mi familia, quienes han estado presente y me han apoyado incondicionalmente en cada proceso de mi vida.

Agradezco a mi novio por su amor, apoyo incondicional y paciencia a lo largo de este proceso.

No puedo dejar de mencionar a mi tutor de tesis, Marco Burbano, quien, con su guía experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo el proceso contribuyó a que pudiera culminar este trabajo de titulación.

A Orlando Meneses y a Juan Pablo López que con su calidad profesional y humana, su apoyo constante, orientación y dedicación ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

A todos ellos mi más sincero agradecimiento por hacer posible este logro.

Mishell

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, cuyo amor y apoyo sincero han sido muy importantes en mi caminar, en especial a mi madre y abuelita, quienes han sido un soporte crucial en cada momento, enseñándome el valor del esfuerzo y la perseverancia desde mis primeros pasos. Así como a mis hermanos y tíos por su continuo respaldo, fortaleza, por su aliento, su guía y ejemplo han sido mi inspiración constante.

A mi Abuelito porque desde pequeña y ahora desde el cielo siempre ha sido mi estrella en los momentos difíciles, acompañándome y protegiendo siempre.

Mishell

ÍNDICE

CERTIFICADO DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO.....	iii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPITULO I.....	14
1.PROBLEMA	14
1.1. Preguntas de investigación.....	16
1.2. Objetivos de la investigación.....	16
1.2.1. Objetivo General.....	16
1.2.2. Objetivos Específicos	16
1.3. Justificación	17
CAPÍTULO II.....	19
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	19
2.1. Antecedentes de investigación.....	19
2.2. Marco teórico.....	25
2.2.1. La Industria de las mermeladas	25
2.2.2. El chilacuán y su agroindustrialización.	28
2.2.3 El cacao en la agroindustria.....	29
2.2.4. La cáscara de cacao y sus usos.	31
2.2.5. Reología en la Industria de las Mermeladas	34
2.3 Marco legal.....	39
CAPÍTULO III	43
III METODOLOGÍA.....	43
3.1 Descripción del área de estudio	43

3.2 Enfoque y tipo de investigación	44
3.2.1 Enfoque.....	44
3.2.2 Tipo de investigación	44
3.3 Definición y operacionalización de variables.....	45
3.3.1 Definición de las variables	45
3.3.2 Operacionalización de variables.....	45
3.4 Procedimientos	47
3.4.1. Descripción para el tratamiento de las cáscaras de cacao.	49
3.4.2. Descripción del proceso de extracción de pectina a partir de las cáscaras de cacao previamente deshidratadas y molidas.	49
3.4.3. Análisis de las características fisicoquímicas de la pectina de cáscara de cacao.	50
3.4.4. Análisis fisicoquímicos de la mermelada.	55
3.4.5. Análisis Estadístico	57
3.4.6. Tratamientos	57
3.4.7. Formulación.....	58
3.5. Consideraciones Bioéticas.....	58
CAPÍTULO IV	61
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1 RESULTADOS	61
4.1.1. Resultados de pectina de cáscara de cacao.....	61
4.1.2. Características fisicoquímicas de la pectina	62
4.1.3 Resultados de la elaboración de mermelada de chilacuan.....	65
4.1.4. Resultados reológicos de la elaboración de la mermelada	68
4.2 Discusión	81
4.2.1 Discusión de la pectina de cáscara de cacao.....	81

4.2.2 Resultados fisicoquímicos de la elaboración de mermelada de chilacuan	87
CAPÍTULO V	93
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1 Conclusiones.....	93
5.2 Recomendaciones	94
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95
VII. ANEXOS	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la cáscara de cacao	31
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	46
Tabla 3 Requisitos fisicoquímicos de la pectina	51
Tabla 4 Requisitos mínimos de la mermelada de frutas	54
Tabla 5. Factor A, a aplicar en el desarrollo del producto.....	57
Tabla 6 Descripción de los ingredientes del producto, respecto a cada nivel en los diferentes tratamientos.	58
Tabla 7 Rendimientos de pectina obtenidos en cada ensayo.....	61
Tabla 8 Humedad de pectina	62
Tabla 9 Cenizas pectina de cacao.....	63
Tabla 10 Peso equivalente pectina.....	63
Tabla 11 Porcentaje de metoxilo	64
Tabla 12 Pruebas de Normalidad para parámetros físicos de la mermelada de chilacuan... 65	65
Tabla 13 Anova para pH de mermelada de chilacuan por tratamientos.	66
Tabla 14 Prueba de múltiples rangos para pH por Tratamientos.	66
Tabla 15 Anova para °Brix de mermelada de chilacuan por tratamientos.	67
Tabla 16 Prueba de múltiples rangos para °Brix por Tratamientos.....	68
Tabla 17. Anova para Viscosidad de mermelada de chilacuan por tratamientos.	75
Tabla 18 Prueba de múltiples rangos para Viscosidad por Tratamientos.....	75
Tabla 19. Prueba de Kruskal Wallis	76
Tabla 20 Prueba de comparación entre pares para el Color por Tratamientos.....	76
Tabla 21. Prueba de Kruskal Wallis	77

Tabla 22 Prueba de comparación entre pares para el Olor por Tratamientos.....	77
Tabla 23 Prueba de Kruskal Wallis	78
Tabla 24 Prueba de comparación entre pares para el Sabor por Tratamientos.....	78
Tabla 25 Prueba de Kruskal Wallis	79
Tabla 26 Prueba de comparación entre pares para la consistencia por Tratamientos.	79
Tabla 27 Prueba de Kruskal Wallis	79
Tabla 28 Prueba de comparación entre pares para la aceptabilidad global por Tratamientos.	80
Tabla 29 Rango promedio de todos los parámetros para determinar cuál es el mejor tratamiento para la mermelada de chilacuan.	80
Tabla 30 Requisitos microbiológicos	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para diversos tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo.	36
Figura 2 Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para las dos clases de fluidos no newtonianos, dependientes del tiempo, pero no elásticos.	37
Figura 3 Mapa de ubicación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador.	43
Figura 4 Mapa de ubicación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.....	44
Figura 5 Esfuerzo de corte versus tasa de corte para el tratamiento 1.....	69
Figura 6 Esfuerzo de corte en función de la tasa de corte.	70
Figura 7 Viscosidad en función de tasa de corte	70
Figura 8 Esfuerzo de corte en función de la tasa de corte para el tratamiento 2	71
Figura 9 Viscosidad $f(\text{tasa de corte})$ para el tratamiento 2	71
Figura 10 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 3	72
Figura 11 Viscosidad $f(\text{tasa de corte})$ para el tratamiento 3	72
Figura 12 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 4	73
Figura 13 Viscosidad $f(\text{tasa de corte})$ para el tratamiento 4	73
Figura 14 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 5	74
Figura 15 Viscosidad $f(\text{tasa de corte})$ para el tratamiento 5	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Hoja de cata.....	102
Anexo 2 Proceso para el tratamiento de materia prima.....	103
Anexo 3 Proceso para la extracción de pectina	104
Anexo 4 Caracterización de la pectina de cáscara de cacao.....	107
Anexo 5 Elaboración de la mermelada de chilacuán.....	108
Anexo 6 Análisis Físico de la mermelada de chilacuán	110
Anexo 7 Resultados microbiológicos	112
Anexo 8 Catación a jueces no entrenados.	113

RESUMEN

Se evaluó la influencia del uso de pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuán (*Vasconcellea pubescens*). La pectina se obtuvo directamente de la cáscara de cacao, y se incorporó en la formulación de la mermelada, conjuntamente con ingredientes como: pectina comercial, azúcar, chilacuán, ácido cítrico y sorbato de potasio. Se diseñaron cinco tratamientos donde se sustituyó de forma progresiva la pectina comercial por pectina de cáscara de cacao, al 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. Mediante un diseño experimental totalmente aleatorio con tres réplicas, se midieron pH, grados Brix, viscosidad y finalmente se hizo un análisis sensorial mediante una escala hedónica de cinco puntos. Los resultados obtenidos muestran un rendimiento del 4,27% en la extracción de pectina, con un contenido de humedad de 7,11%, cenizas 7,83%, metoxilo 7,86% y esterificación de 78,10%, valores que se encuentran dentro de la normativa. Respecto a la mermelada se obtuvieron valores de pH y grados Brix dentro de los rangos normativos, observando un aumento en la viscosidad con el incremento de pectina de cáscara de cacao en el tratamiento 4. Se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos en parámetros como el olor, color y sabor, resaltando que se incrementó la aceptabilidad sensorial de la mermelada cuando se sustituyó el 75% de la pectina comercial por la pectina de cáscara de cacao.

Palabras clave: Pectina, mermelada, porcentaje de sustitución, pH, viscosidad, análisis sensorial.

ABSTRACT

The influence of the use of cocoa shell pectin (*Theobroma cacao* L) on the physicochemical, rheological and sensory characteristics of Chilacuán jam (*Vasconcellea pubescens*) was evaluated. The pectin was obtained directly from the cocoa shell, and was incorporated into the jam formulation, together with ingredients such as: commercial pectin, sugar, chilacuán, citric acid and potassium sorbate. Five treatments were designed where the commercial pectin was progressively replaced with cocoa shell pectin, at 0%, 25%, 50%, 75% and 100%. Using a completely randomized experimental design with three replications, pH, Brix degrees, viscosity were measured and finally a sensory analysis was carried out using a five-point hedonic scale. The results obtained show a yield of 4.27% in the extraction of pectin, with a moisture content of 7.11%, ash 7.83%, methoxyl 7.86% and esterification of 78.10%, values that are within the regulations. Regarding the jam, pH values and Brix degrees were obtained within the normative ranges, observing an increase in viscosity with the increase of cocoa shell pectin in treatment 4. Significant differences were identified between the treatments in parameters such as smell, colour and flavour, highlighting that the sensory acceptability of the jam increased when 75% of the commercial pectin was replaced by cocoa shell pectin.

Keywords: Pectin, jam, substitution percentage, pH, viscosity, sensory analysis.

CAPITULO I

PROBLEMA

A inicios del 2015, aproximadamente el 75 % de la diversidad de cultivos disminuyó de los campos, este fenómeno se vincula a la creciente demanda de alimentos debido al aumento poblacional, como consecuencia, la sociedad enfrenta desafíos significativos, como el aumento del hambre, malnutrición, consecuencias del cambio climático por la contaminación, sobreexplotación de recursos naturales, disminución de la biodiversidad, así como la pérdida y el desperdicio de alimentos. Estos problemas presentan desafíos sin precedentes que podrían disminuir la capacidad mundial para satisfacer las necesidades alimentarias actuales y futuras. (FAO, 2022)

En el mundo aproximadamente de un cuarto a un tercio de los alimentos producidos anualmente para consumo humano se pierde o desperdician. Esto equivale aproximadamente a 1,300 millones de toneladas de alimentos, incluyendo el 30% de los cereales, 40% a 50% de las raíces, frutas, hortalizas y semillas oleaginosas, 20% de la carne y productos lácteos, y el 35% de los pescados. Según la FAO, esta cantidad de alimentos sería suficiente para alimentar a 2,000 millones de personas. Estas pérdidas no solo reducen la disponibilidad de materia prima, sino que también generan residuos de la industria alimentaria que podrían ser utilizados en otras áreas, impactando negativamente los ingresos de los productores. (Villegas, 2016)

El cacao es un producto de alta relevancia comercial que proporciona ingresos a más de 4.5 millones de familias en todo el mundo. Costa de Marfil, Ghana y Ecuador son los tres principales productores globales, representando el 70% del mercado mundial. El principal producto comercial del cacao es el grano seco y se estima que para producir una tonelada de este grano se generan aproximadamente 10 toneladas de residuos (Priyangini et al., 2018).

En Ecuador cerca de 5,29 millones de hectáreas del territorio nacional son destinadas para trabajos agropecuarios ya sea de forma permanente o transitorio. La superficie de cultivos en 2022 fue de 1.4 millones de hectáreas, siendo el cacao, el 41,3% de la superficie total plantada

(ESPAC, 2022). En el año 2022 se plantaron 591 557 hectáreas de cacao, concentrándose en su mayoría en la provincia de los Ríos con el 27,70% (INEC, 2022).

La cáscara de cacao se usa principalmente como abono para los cultivos, pero, su degradación es lenta y genera la propagación de hongos *Phytophthora spp* y *Monilophora roreri*, por lo que no se considera como un fertilizante efectivo (Tapia, 2015). La disposición inadecuada de estos residuos es constante y ocasiona alteraciones en los diferentes medios abióticos, bióticos y socioeconómicos (Vargas y Pérez, 2018).

Durante las temporadas lluviosas las cáscaras vacías de cáscara de cacao funcionan como reservorios de agua y facilitan la reproducción de huevos de mosquito *Aedes aegypti*, siendo un factor de transmisión de enfermedades como el dengue. (Cedeño, 2019).

Los residuos orgánicos producidos contienen componentes valiosos como componentes naturales de grasas y aceites, fitoesteroles, fibras dietéticas y pectina (Chia y Paredes, 2018). A nivel tecnológico e industrial, existe una escasa aplicación de apropiadas tecnologías, para el uso de la cáscara de cacao con posibles potencialidades capaces de generar subproductos que se utilicen en los diferentes campos de la industria alimentaria.

Durante la producción de mermeladas se usan algunos aditivos químicamente complejos, que son insolubles en agua a concentraciones mayores del 5%, por lo general se obtienen de fuentes vegetales o de microorganismos. Ibáñez et al. (2020) menciona que nutricionalmente no se digieren y no aportan nutrientes, pero la industria de alimentos busca innovar a partir de productos de origen natural para la elaboración de varios productos, así como aditivos alimentarios.

La industria de las mermeladas está experimentando un notable crecimiento, abarcando desde grandes empresas hasta microempresas y pequeños emprendedores. Este sector se caracteriza por su participación en un mercado altamente competitivo, donde coexisten firmas locales, nacionales e internacionales. Para diferenciarse en este entorno, se han adoptado diversas estrategias como la mejora continua del producto, el uso de materias primas no industrializadas, la creación de nuevas texturas y el empleo de aditivos naturales. Estas prácticas resaltan la importancia del conocimiento y la aplicación de propiedades reológicas

en la producción de mermeladas, asegurando un proceso de elaboración eficiente y una aceptación óptima por parte del consumidor. (Almeida, 2021).

En el sector agrícola, existe una materia prima de baja producción que aún no ha sido industrializada a nivel local ni nacional, como el chilacuán, que posee un considerable potencial nutritivo. Sin embargo, actualmente carece de valor agregado para la producción de nuevos alimentos. Este fruto crece de forma silvestre en el Cantón Tulcán de la Provincia del Carchi y sus alrededores, pero de manera general no se cosecha y se desperdicia. Esta situación se debe tanto a su limitada productividad como a la falta de investigación científica adecuada que explore alternativas para aprovecharlo y proteger el crecimiento de plantíos de esta fruta nativa (Tobar, 2019).

1.1.Preguntas de investigación

- ¿Cómo se obtiene pectina de la cáscara de cacao de la variedad CCN-51?
- ¿Cuál es la influencia de la incorporación de pectina de cáscara de cacao en las características fisicoquímicas de la mermelada de chilacuan?
- ¿Cuál es la influencia de la incorporación de pectina de cáscara de cacao en las características reológicas de la mermelada de chilacuan?
- ¿Cuál es el efecto sensorial al añadir pectina de cáscara de cacao en la mermelada de chilacuan?

1.2.Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la influencia de la pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuan (*Vasconcellea pubescens*).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Obtener pectina a partir de la cáscara de cacao de la variedad CCN-51 por el método de hidrólisis ácida.
- Determinar la influencia de la incorporación de pectina de cáscara de cacao en las características fisicoquímicas de la mermelada de chilacuan.

- Evaluar la influencia de la incorporación de pectina de cáscara de cacao en las características reológicas de la mermelada de chilacuan.
- Determinar la aceptabilidad sensorial de la mermelada de chilacuan elaborada con pectina de cáscara de cacao.

1.3. Justificación

En la actualidad, la industria alimentaria busca la necesidad del aprovechamiento al máximo de todos los residuos alimentarios como alternativas que reduzcan costos de alimentación y contaminación ambiental (UTPL, 2022).

El cacao es un producto agrícola de origen neotropical que ejerce un gran impacto en el mercado internacional. Sus exportaciones representan más del 71 % del volumen producido, situándolo en el tercer lugar después del azúcar y el café a nivel mundial. Este alto valor agregado impulsa constantemente a la industria alimentaria hacia la innovación (Rengifo y Macías, 2019)

Vriesmann y Olivera (2017) mencionan que el cacao se utiliza el grano o semilla principalmente en la industria chocolatera, en sus procesos, la cáscara se genera como el principal residuo y representa entre el 74% y 76% del peso total del cacao. Por su parte López et al. (2020) argumentan que la cáscara de cacao es una fuente de compuestos tales como pectina, ácidos grasos esenciales, fitoesteroles y fibras. Dentro del contenido se destaca la pectina la cual puede ser extraída mediante hidrólisis ácida para diferentes usos como aditivo alimentario espesante, gelificante, texturizante, emulsificante, estabilizante y su principal función en la manufactura de mermeladas y jaleas agregando valor a este residuo y fortaleciendo la economía circular.

El chilacuan, también conocido como chamburo, cultivado en huertos familiares y utilizado como ingrediente en productos como Yogures y Almíbar en las zonas donde se la cultiva. Rodríguez (2023) menciona que el chamburo es una fruta globulosa, jugosa, dulce y de rápido crecimiento, pertenece a la familia *Caricaceae* y contiene diversas enzimas, de modo que es factible la elaboración de una mermelada por sus propiedades enzimáticas y contenido

de pectina ayudando a gelificar el producto como es la mermelada de chilacuan (Tobar, 2019).

La Norma NTE INEN 0419-1988 permite garantizar un producto con adecuadas características fisicoquímicas, aplica para conservas vegetales, mermelada de frutas. La norma establece que se puede colocar aditivos gelificantes como la pectina cítrica y pectina natural con un límite máximo permisible de 0,5 % y GMP (Buenas Prácticas de Manufactura) respectivamente.

En términos sociales, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU para 2030 abarcan garantizar la disponibilidad de alimentos para combatir el hambre (ONU, 2023), así como reducir el desperdicio de frutas no convencionales que caen al suelo y aprovechar los residuos alimentarios. Tanto la agroindustria como la academia tienen la capacidad y la responsabilidad de coordinar acciones para cumplir con esta agenda global. Esta investigación se centra específicamente en el Objetivo 9, que promueve la industria, la innovación y la infraestructura, así como en el Objetivo 12, que aboga por la producción y el consumo responsables dentro del marco del desarrollo sostenible.

Según la ONU, el campo de la ciencia y tecnología de alimentos no solo se centra en mejorar los procesos y técnicas para producir aditivos alimentarios, sino también en alternativas innovadoras de utilizar eficientemente los recursos disponibles. Esto está alineado con las prioridades de sostenibilidad social, ambiental y económica en Ecuador, asegurando un balance adecuado entre la actividad industrial y la conservación ambiental en cada fase, desde la gestión inicial de la materia prima hasta la disposición final de subproductos y residuos. (Vargas y Pérez, 2018).

Este estudio proporcionará conocimientos técnicos relevantes para el sector alimentario, contribuyendo a desarrollar un producto no convencional, fortaleciendo la actividad económica en el Ecuador y brindando nuevas posibilidades que permitan al agricultor dar un manejo adecuado de los desechos con un aditivo natural como es la pectina extraída de la cáscara de cacao, con la finalidad de aportar al buen vivir.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Antecedentes de investigación

En la investigación de Priyangini y Walde (2018) en Mangalore, India denominada optimización de la extracción de pectina de cáscara de mazorca de cacao (*Theobroma cacao* L.) con ácido ascórbico utilizando metodología de superficie de respuesta, aprovecharon este residuo para la extracción de un aditivo alimentario, mediante un método químico basado en hidrólisis ácida. Los resultados obtenidos mostraron que el aumento del pH, tiempo y temperatura favorecen el rendimiento de la extracción, mientras que el contenido de ácido urónico disminuye.

En cuanto al comportamiento reológico en términos de viscosidad/esfuerzo frente a la velocidad de cizallamiento de pectina extraída mediante tratamiento con ácido cítrico a diferentes concentraciones (0,5; 1; 1,5; 2%, p/p). Se observó una disminución de la viscosidad bajo tensión de cizallamiento al aumentar la velocidad. Esto pone de manifiesto el comportamiento no newtoniano de los fluidos que suele darse en las soluciones poliméricas. Además, estas características de adelgazamiento por cizallamiento se acentuaron al aumentar las concentraciones de azúcares.

La pectina extraída resultó ser pectina con grado de esterificación (DE) de 8,1%, y de bajo metoxilo. Aunque el rendimiento fue menor, la pectina extraída contenía mayor contenido de ácido galacturónico ($74,5 \pm 0,3\%$), lo que influyó en la temperatura de fusión. Las soluciones de pectina mostraron una tendencia de flujo de cizallamiento-adelgazamiento, bien ajustado por el modelo de Williamson. Este estudio demostró que la pectina obtenida a partir de cáscara de cacao se pudo obtener por el método de extracción con ácido de azúcar sin ácidos químicos.

Barbieri et al. (2018), en su estudio de Pulpa y Mermelada de Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Caracterización y Propiedades Reológicas, evaluaron la caracterización fisicoquímica y el comportamiento reológico de la pulpa de gabiroba y la formulación de mermelada de gabiroba. La mermelada de gabiroba alcanzó la concentración deseada de contenido de sólidos solubles de 67, 5° Brix, medida con un refractómetro digital. Presentó una zona heterogénea más densa formada por una malla compacta y una interfaz porosa con

fibras, promoviendo un efecto de deslizamiento cuando la pulpa se sometió a cizallamiento diluida en agua. Las propiedades viscoelásticas dinámicas mostraron que la pulpa presenta un comportamiento gelatinoso y es térmicamente estable en el rango de temperaturas de 5-95 °C.

La mermelada mostró un límite elástico mínimo para iniciar el flujo, con comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento descrito por el modelo de Herschel-Bulkley. Los resultados mostraron que la mermelada de gabioba puede ser una forma de utilizar y conservar la pulpa de gabioba.

En la investigación realizada por Torregroza et al. (2019) en la Universidad Nacional de Colombia, denominada optimización de la aceptabilidad de la mermelada de mango enriquecida con pectina de cáscara de cacao. La pectina utilizada en este experimento se obtuvo de cáscaras de cacao cultivado en la localidad de Colosó, Colombia. Las muestras se prepararon y la extracción de pectina fue realizada a pH ácido de 4 y a una temperatura de 90 °C. Para elaborar la mermelada de mango se preparó sustituyendo el agua por pulpa de mango y utilizando diferentes concentraciones de pectina y ácido cítrico (0,2%, 0,4%, 0,6% y 0,1%, 0,3%, 0,5%, respectivamente). Los niveles de fruta fresca (65.5%) y azúcar (34.0%) se mantuvieron estables.

La pectina utilizada tuvo los siguientes resultados: acidez libre de 0,558 meq carboxilos libres/g de pectina, peso equivalente 1800,05 mg pectina/meq NaOH, contenido en metoxilo 6,81%, grado de esterificación 79,94% EST, contenido de ácido D-galacturónico 48,51% AG.

El tratamiento a una concentración de pectina del 0,2% y concentración de ácido cítrico del 0,3% presentó el nivel sensorial más alto. La formulación óptima (0,2639% de concentración de pectina y 0,235% de ácido cítrico) dio como resultado una aceptabilidad sensorial óptima de 6,738.

En el Departamento de Ciencia y Tecnología de los Medicamentos con la Universidad de Turín, Italia; Belwal et al. (2022) a través de su investigación denominada Compuestos Bioactivos de la Cáscara de Cacao: Extracción, Análisis y Aplicaciones en la Cadena de Producción de Alimentos. Su estudio se basó en una revisión bibliográfica de los métodos de extracción utilizados para la obtención de pectina a partir de la cáscara de la mazorca de cacao y su influencia en la Industria alimentaria. Se analizó la pectina de cáscara de mazorca

de cacao para determinar su actividad fisicoquímica y antimicrobiana. La pectina se extrajo utilizando ácido cítrico acuoso (4% p/v) seguido de la precipitación del extracto con etanol. Se obtuvo un rendimiento de pectina del 23,3% con un grado de esterificación del 26,8% y mostró buenas propiedades fisicoquímicas. Caracterizándola como pectina de bajo metoxilo altamente acetilada con un rico contenido mineral, con elevada actividad antimicrobiana contra *E. coli* y *S. aureus*. En otro estudio, se descubrió que la temperatura, el tiempo y la relación muestra-disolvente afectaban al rendimiento de obtención de pectina. Así, el mayor rendimiento correspondiente a 7,62% se obtuvo utilizando ácido cítrico con pH de 2,5 como disolvente, una temperatura de extracción de 95 °C durante 3 h, y una relación muestra/disolvente de 1:25.

El ácido cítrico es comúnmente utilizado para la extracción de pectina, aunque también se emplean ácido nítrico, ácido oxálico y ácido ascórbico con este fin en la cáscara de la mazorca de cacao. En particular, al utilizar ácido nítrico para la extracción de pectina de la cáscara de la mazorca de cacao, se ha observado que el aumento de la temperatura incrementa la eficiencia del proceso de extracción.

Además, en condiciones de microondas, el tiempo de extracción era inferior al de la extracción convencional. Se llevó a cabo la extracción de pectina a partir de cáscara de mazorca de cacao mediante ácido ascórbico. La condición óptima fue a un pH de 2,5 y 95 °C de temperatura, durante 45 min de extracción.

El uso de microondas se ve en un contexto más amplio. Además, la investigación sobre la preparación de extractos verdes está ganando ritmo utilizando la extracción con agua subcrítica y sustituyendo los disolventes orgánicos por disolventes eutécticos profundos. El extracto se ha utilizado en productos alimentarios, como pasteles, chocolates, salchichas, galletas, mermeladas y bebidas.

Las cáscaras de las vainas de cacao son residuos que se generan durante el procesado de los granos de cacao (Hennessey et al., 2021).

En el Departamento de Química de Facultad de Ciencias de la Universidad del Tolim, centraron su estudio en la extracción enzimática de pectina mediante celulasas.

La pectina optimizada enzimáticamente presenta características reológicas y fisicoquímicas típicas de este biomaterial, lo cual la convierte en una alternativa prometedora para valorizar la cascarilla de cacao.

La representación gráfica de viscosidad en función de la velocidad de corte indica que las pectinas probadas a diversas concentraciones mostraron un comportamiento similar al de un fluido no newtoniano, concretamente de tipo pseudoplástico., debido a que el exponente n es inferior a 1. Se observa que la viscosidad de la pectina disminuía al aumentar el esfuerzo cortante. El índice de consistencia mostró que, si se desean muestras con alta viscosidad, es necesario aumentar la concentración de pectina.

La prueba de gelificación mostró que la pectina extraída por el método enzimático optimizado puede formar un gel con propiedades viscoelásticas, considerando que el gel de pectina consiguió contenerse en el interior del vaso de la misma forma que el gel de pectina comercial. Las condiciones de gelificación utilizadas para esta prueba son típicas de las pectinas de alto metoxilo e incluyen un pH bajo y una alta concentración de sacarosa, aunque la pectina obtenida era de bajo metoxilo. La gelificación de las pectinas de bajo metoxilo suele requerir iones de calcio. Esta es una característica interesante de la pectina obtenida, que se comporta como las pectinas de alto metoxilo a pesar de su bajo grado de esterificación. Este comportamiento se ha descrito anteriormente en pectinas obtenidas a partir de residuos de cacao. Así pues, la pectina podría utilizarse en productos con alta acidez y alto contenido en sólidos, como las mermeladas.

Los residuos que quedan después de la producción de cacao se deben a diversos factores, como la falta de recursos financieros y tecnológicos, así como la falta de estándares académicos y de innovaciones significativas. Por esta razón, Bone et al. (2022) llevaron a cabo un estudio titulado Extracción de pectina y su aplicación en la elaboración de mermelada utilizando cacao. En este estudio, se utilizó ácido cítrico para extraer la pectina y alcohol etílico al 96 % para precipitarla. Se realizaron pruebas a tres diferentes niveles de pH: 3, 4 y 5, a temperaturas entre 85°C y 90°C, con un tiempo constante de 60 minutos y tres repeticiones para cada nivel de pH.

El pH 3 mostró el mejor rendimiento para la extracción de pectina, alcanzando un 6,57 % de rendimiento, con un contenido de cenizas del 8 %, un metoxilo del 10,75 %, un ácido anhídrido galacturónico (AAG) del 72,75 % y un grado de esterificación del 41,30 %. Estos resultados subrayan la capacidad de la pectina para ser aplicada en la industria alimentaria, lo cual añade valor significativo a la cadena de producción del cacao.

Los hidrocoloides son principalmente polisacáridos y algunas proteínas que se aplican en diversos productos alimenticios. Por este motivo Martínez et al. (2021), para su extracción buscaron fuentes naturales respetuosas con el medio ambiente. Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo extraer hidrocoloides de la calabaza (*Cucurbita moschata*). La extracción se llevó a cabo en una proporción de 1:10 de cáscara/agua, lo que dio lugar a una buena relación con la transferencia de masa y energía al producto y favoreció la extracción de polisacáridos. Obtuvieron curvas experimentales de viscosidad de cizallamiento estacionario de los hidrocoloides de cáscara de nuez (HBSP) obtenidas a 80°C y diferentes pH 3, 7 y 10. Las muestras mostraron un comportamiento de fuerte cizallamiento con una variación de la viscosidad (η) de 10 órdenes de magnitud. La mermelada de Carica Papaya presenta un comportamiento no newtoniano de adelgazamiento por cizallamiento que se ajusta al modelo de Herschel-Bulkley. La prueba reológica viscoelástica dinámica caracterizó el estado de la laca de la mermelada cuando los valores del módulo de deformación fueron superiores a los valores del módulo de pérdida en los rangos de frecuencia estudiados. En cuanto a la adición de HBSP, ésta modificó el parámetro de color, presentando un color rojizo con un aumento de la tonalidad. En el análisis sensorial la muestra 3 (pectina 0,250% y HBSP 0,250%) tuvo mayor aceptabilidad.

Nafri et al. (2021) en la investigación que lleva por nombre El efecto de las condiciones de almacenamiento sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la mermelada preparada a partir de papaya madura y no madura en la facultad de ciencias agrícolas de la Universidad de Punjab, India. La mermelada se preparó por el método tradicional de caldera abierta. Las mermeladas se almacenaron a temperatura ambiente y baja temperatura durante 60 días.

Los resultados mostraron que la humedad, el SST, el pH, el azúcar total y el contenido fenólico de la mermelada cambiaron gradualmente durante el almacenamiento. El contenido de humedad, pH y fenoles disminuyó durante el periodo de almacenamiento. Sin embargo, el SST y el contenido total de azúcar aumentaron durante los 60 días de almacenamiento. La mermelada de papaya también mostró cambios en las características sensoriales, produciendo una disminución gradual del gusto, el sabor y la aceptabilidad general.

Las mermeladas almacenadas a temperatura ambiente mostraron cambios más significativos en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales que las mermeladas almacenadas a baja

temperatura. Esto sugiere que la mermelada preparada a partir de papaya madura y no madura no puede almacenarse durante un largo periodo de tiempo a temperatura ambiente. El almacenamiento no sólo provoca cambios fisicoquímicos, sino que también influye en las características sensoriales de la mermelada de papaya.

Pérez et al. (2020), realizaron una investigación en un campo experimental del Instituto Politécnico Nacional Unidad Oaxaca, México. Se elaboraron cuatro mermeladas utilizando dos especies silvestres de *Physalis spp.*, dos con semillas (P1WS y P2WS) y dos sin semillas (P1WHS y P2WHS). Se determinaron las propiedades fisicoquímicas, nutracéuticas y reológicas de las mermeladas y se realizó una evaluación sensorial. Las mermeladas P1WS y P2WS tenían menor contenido de carbohidratos, azúcares reductores, calorías y mayores contenidos de fibra que P1WHS y P2WHS.

Las curvas de flujo obtenidas se ajustaron al modelo de flujo de Herschel-Bulkley. Todas las muestras presentaron un comportamiento de fluido de tipo cizalla-adelgazamiento, mostrando la rampa ascendente valores de esfuerzo cortante superiores a los de la rampa descendente, lo que indica que la viscosidad depende del tiempo (tixotropía).

De forma general, se observó al aumentar el contenido de semillas suspendidas en un fluido, las propiedades reológicas también aumentaban.

Los parámetros reológicos están estrechamente relacionados con parámetros sensoriales, como untabilidad, cremosidad, espesor, suavidad y percepción del sabor. Un aumento de la viscosidad en el sistema disminuye la percepción del dulzor y la cremosidad se ve afectada inversamente por los cambios en la tensión crítica o deformación.

Los objetivos de la adición de ácido en mermeladas son disminuir el pH de la mermelada y evitar la cristalización del azúcar. En el departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Jambi en Indonesia, Renate (2019), desarrolló una investigación con un diseño factorial completamente aleatorizado. Los factores fueron la concentración de ácidos cítricos (0,3, 0,35 y 0,4 % P/P) y el tiempo de almacenamiento (0, 1, 2, 3 y 4 semanas). La papaya fresca se peló, se licuó y se le añadió un poco de agua para obtener la pulpa. La pulpa de la papaya se cocinó durante 25 minutos, luego se le añadió ácido cítrico concentrado y un poco de azúcar, y se mezcló hasta formar un gel. La mermelada de papaya se envasó en un frasco de mermelada esterilizado y se pasteurizó a 80-85 °C durante 30 min; después se almacenó a temperatura ambiente

Un total de 18 expertos evaluaron el color, la textura, la untabilidad y el sabor, y analizaron los datos mediante análisis de varianza. Realizaron análisis de varianza para examinar los datos. Determinaron que la concentración de ácidos cítricos del 0,4% y el tiempo de almacenamiento de 2 semanas produjeron la mejor calidad de mermelada de papaya. La mermelada de papaya presentaba un color amarillo claro, una textura suave, buena untabilidad y un sabor agradable, por lo que los consumidores la aceptaron.

2.2. Marco teórico

2.2.1. La Industria de las mermeladas

El origen de la mermelada se remonta a la época de los romanos, quienes empezaron a conservar la fruta añadiendo su peso en miel y cocinándola hasta obtener la consistencia deseada. Con la llegada de los árabes a la península ibérica varios siglos después, se introdujo en Europa el azúcar de caña y la harina de algarrobo, utilizada como espesante. Los árabes preparaban la mermelada cocinando la fruta con una cantidad igual de azúcar y una mínima cantidad de harina, hasta alcanzar la densidad adecuada (Hidrobo, 2019).

Según las normativas del Reglamento de Alimentos Sanitarios (2018), la mermelada se define como un producto elaborado mediante la cocción de frutas, verduras o tubérculos, junto con sus jugos o pulpas, utilizando compuestos como dextrosa, azúcar invertido, glucosa, jarabe o sus combinaciones, con o sin la inclusión de otros ingredientes. Esta categoría engloba diversos productos como mermeladas, dulces, jaleas, frutas confitadas, glaseadas, cristalizadas o escarchadas, así como las frutas escurridas y en jarabe. Por otro lado, este compuesto se distingue por su textura gelatinosa o similar a la pasta, obtenida al cocinar y concentrar frutas saludables junto con agua y azúcar. Sus rasgos distintivos incluyen un color brillante y atractivo, una textura firme y untuosa sin ser demasiado dura ni rígida. La elaboración de mermeladas no solo preserva las pulpas de frutas, sino que también se beneficia del azúcar y el alto nivel de acidez para obtener la consistencia adecuada (Torregroza et al., 2019).

Los componentes principales de la mermelada son la pulpa y el azúcar, este último desempeña un papel crucial en el proceso de gelificación cuando se combina con la pectina. Es fundamental mantener un equilibrio preciso de azúcar ya que una cantidad insuficiente

puede provocar fermentación, mientras que un exceso puede resultar en cristalización. El ácido cítrico también juega un papel clave, no solo en la gelificación y el brillo del color de la mermelada, sino también en la mejora del sabor, la prevención de la cristalización del azúcar y la prolongación de su vida útil. La pectina actúa como agente gelificante, espesante y texturizante principal, y se encuentra comúnmente en forma de polvo bajo la etiqueta de aditivo (E-400). Por último, los conservantes como el sorbato de potasio y el benzoato de sodio se utilizan para evitar el crecimiento de microorganismos (Sanz, 2021).

De acuerdo con la (Norma INEN 2825 2013), hay tres tipos de mermeladas:

- Mermelada de agrios: Producto obtenido luego de mezclar frutas cítricas. Puede ser preparado con uno o más de los siguientes ingredientes: fruta(s) entera(s) o en trozos.
- Mermelada sin frutos cítricos: Producto obtenido tras cocinar frutas en trozos o trituradas junto con ingredientes alimentarios que proporcionan un sabor dulce, tal como se describe en la Sección 2.2 de la Norma, hasta alcanzar una consistencia semilíquida o espesa/viscosa."
- Mermelada - jalea: Producto obtenido luego de mezclar frutas cítricas al que se le han eliminado todos los sólidos insolubles pero que puede o no contener una pequeña proporción de cáscara finamente cortada.

Según la Norma INEN 2825-2013, uno de los parámetros más importantes para la mermelada es el contenido de sólidos solubles de los productos terminados, como se define en las Secciones 3.1.2. La cantidad mínima de fruta como ingrediente debe ser del 45% (literal a) o del 35% (literal b) para distintos tipos de mermelada, y para las mermeladas de frutos ácidos no debe ser inferior a 200 g por cada 1000 g, calculado sobre esa base. En todos los casos, el contenido de sólidos solubles debe estar entre el 60% y el 65% o más. Para las mermeladas sin frutos cítricos, el contenido de sólidos solubles debe estar entre el 40% y el 65% según lo especificado en la Sección 3.1.2 (INEN, 2013).

La producción de mermeladas a nivel nacional es diversa, con productores que van desde aquellos que utilizan instrumentos caseros hasta los que emplean tecnología avanzada. Entre las marcas más reconocidas en Ecuador se encuentran SNOB, GUSTADINA, GUAYAS,

FACUNDO, LA VIEJA FÁBRICA, SUPERBA, WATT´S, y ARCOR, líderes en el mercado ecuatoriano. Estas marcas suelen ofrecer mermeladas y jaleas untables, tanto de sabores individuales como de combinaciones como piña, fresa, mora, guayaba, entre otros.

En los últimos años, este tipo de industria en el Ecuador ha experimentado un notable desarrollo, impulsado por el potencial agrícola del país y su diversidad geográfica favorable (MIPRO, 2022). Las mermeladas y jaleas son parte de estas conservas y, según Torres (2018), representan una opción viable para el desarrollo agroindustrial al permitir la conservación de frutas con alto contenido de azúcar, agregando valor al producto y ampliando el mercado, lo cual contribuye a mejorar los beneficios económicos para la población (Casilar y Hidalgo, 2007)

Según datos estadísticos, Ecuador cuenta con una superficie total de 5,29 millones de hectáreas dedicadas a cultivos permanentes y 7,03 millones de hectáreas sin uso agropecuario (INEC, 2022). Proporcionando al país las condiciones necesarias para poder establecer toda una línea de producción de mermeladas a partir de una fruta de excelente calidad. En comparación con otros países líderes en el mercado internacional de mermeladas, se observa que Alemania es el principal exportador Europeo, a pesar de no contar con una producción directa de frutas y depender en gran medida de las importaciones, lo cual impacta en el precio final para el consumidor. Sin embargo, Alemania destaca por su avanzado desarrollo tecnológico e industrial, lo que se traduce en una capacidad productiva significativa para satisfacer una amplia base de clientes a nivel internacional. (Chiriboga, 2017)

En 2015, se registró una producción de 3,135.59 toneladas en esta industria de aditivos como mermeladas, y se proyectó un crecimiento por año de 10%, que hasta la actualidad se ha ido relacionado con el comportamiento del PIB nacional, reflejando un aumento en el consumo de alimentos de producción nacional. (Laguna, 2020)

La industria de conservas de frutas, incluyendo mermeladas, ha experimentado una evolución significativa. Hoy en día, se pueden encontrar mermeladas gourmet elaboradas con una amplia variedad de frutos y sabores exóticos, dando preferencia a productos orgánicos con menor cantidad de químicos. (Laguna, 2020)

En Ecuador, existen 24 empresas manufactureras dedicadas a la elaboración de salsas, condimentos y especias, concentrándose la mayor parte de ellas en Pichincha (44%) y Guayas

(30%). El restante 26% se distribuye en otras provincias del país, contribuyendo así a la generación de más de mil empleos (Superintendencia de Compañías, 2018).

En Ecuador, la mermelada no ocupa un lugar fundamental en la dieta de los ecuatorianos, ya que se considera más como un producto superfluo que no es de primera necesidad. Por lo tanto, su consumo está más extendido entre las clases media, media alta y alta del país. A diferencia de países europeos, donde la mermelada es un elemento esencial del desayuno.

Este menor consumo se refleja especialmente en las provincias alejadas de las principales ciudades ecuatorianas, donde la mermelada no se percibe como un producto esencial, a pesar de que muchas de estas provincias son productoras de las frutas utilizadas para su elaboración. Sin embargo, en estas mismas provincias a menudo surgen emprendimientos, como asociaciones comunitarias, que contribuyen al desarrollo local. (Chiriboga, 2017)

2.2.2. El chilacuán y su agroindustrialización.

Es una planta herbácea perenne de gran tamaño que pertenece a la familia de las caricáceas. En nuestro país, tiene varios nombres como chilacuán, chiglacón y chamburu; en Perú y Bolivia se le llama chamburu o huanarpu hembra, en Colombia se conoce como papayuela, y en inglés como mountain papaya. Prefiere climas cálidos - templado. El fruto es una baya con una cáscara delgada y jugosa, de color amarillo tanto por dentro como por fuera, que va desde el verde en su etapa de madurez hasta el amarillo. El centro del fruto es hueco y contiene numerosas semillas envueltas en un tejido mucilaginoso (Tobar, 2019).

Tiene un gran potencial, especialmente en la creación de productos medicinales en algunos países de Latinoamérica como Chile, gracias a sus amplios beneficios para la salud.

Las zonas más idóneas para la producción del género *Vasconcellea* se encuentran en Ecuador, Colombia y el norte de Perú. Los estudios de diversidad realizados en estas regiones están mejorando nuestro entendimiento sobre la variabilidad tanto dentro como entre estos géneros (Solarte, C Y Guerrero, P., 2022). Aunque actualmente la producción en el país es limitada y se centra principalmente en satisfacer la demanda nacional, por la falta de incentivos o proyectos no se han registrado exportaciones de esta fruta. (Peñañiel, 2021)

En Ecuador, el chilacuán se cultiva de manera doméstica en pequeñas parcelas destinadas principalmente al consumo local. Debido a la falta de técnicas avanzadas de producción, esta especie no logra generar un valor agregado significativo ni desarrollar productos destinados al mercado local e internacional (Bucheli, 2016).

En el ámbito alimentario, los frutos maduros son aprovechados por pequeños emprendedores para la repostería, la elaboración de bebidas y mermeladas, así como consumidos como legumbre tras hervirlos o cocinarlos al horno. A nivel de laboratorio, se ha demostrado que el chilacuán mejora las maltas utilizadas en la industria cervecera mediante el tratamiento de la cebada. Sin embargo, actualmente el chilacuán no se comercializa a escala industrial, lo cual representa pérdidas económicas tanto para la agricultura como para la industria alimentaria (Sinbaña, 2020)

2.2.3 El cacao en la agroindustria.

Según Priyangini et al. (2018) en el ámbito de la agroindustria, el cacao (*Theobroma cacao* L.) es un producto de gran relevancia comercial que proporciona ingresos a más de 4,5 millones de familias a nivel mundial. Costa de Marfil, Ghana y Ecuador son los principales productores a nivel mundial, representando conjuntamente el 70% del mercado global.

Según Borja (2018) a nivel mundial la exportación del cacao en sus diferentes presentaciones ha experimentado un notable crecimiento, que en el 2018 llegó a USD 315,571 millones, en comparación con los USD 100,214 millones en 2008. La producción mundial de cacao ha mostrado una variabilidad significativa hasta la actualidad, siendo Costa de Marfil el mayor productor con 37%, Ghana con 21%. En América Latina, Ecuador destaca con un 4%, Brasil 3% y Colombia 1%. En el año 2020, se dio el 70% en África, mientras que un 14% se dio en América Latina.

López Medina et al. (2018) mencionan que el cacao, planta nativa de América Central y del Sur, es un árbol que puede alcanzar hasta 7 metros de altura Lock y Hosnar, (2018) indica que, sus hojas son grandes, elípticas y con nervaduras pinnadas. Las flores son hermafroditas y varían en color entre rosa, púrpura y blanco, mientras que el fruto, conocido comúnmente

como mazorca, es una baya grande de forma ovalada. Esta planta se desarrolla principalmente en climas ecuatoriales.

Ecuador se ha destacado en el mercado internacional por su cacao fino de aroma, ha recibido reconocimientos como el mejor cacao tanto por su calidad de grano como por sus características fisicoquímicas en el Salón du Chocolat de París, Francia (Constante, 2020).

El país exporta cacao en diversas presentaciones como: granos de cacao, semielaborados y productos terminados. (Adecco, 2019)

Ecuador destaca por ser un país privilegiado para la producción de cacao, debido a sus condiciones geográficas y la abundancia de recursos biológicos. Es reconocido mundialmente como el principal productor de cacao fino y de aroma (Constante, 2020). Los cultivos de cacao se concentran principalmente en las provincias de Los Ríos, Guayas, Manabí, Esmeraldas y El Oro, así como en la amazonía, en Sucumbíos, Orellana y Napo (INEC, 2022).

Variedades de Cacao en Ecuador:

- Cacao arriba: Este nombre proviene de su cultivo histórico en las tierras altas cercanas al río Guayas. Se caracteriza por su intenso color amarillo anaranjado y es famoso por su aroma y sabor incomparables, cualidades que lo hacen muy apreciado entre los consumidores extranjeros.
- CCN – 51: Destaca por su color rojo intenso cuando alcanza la madurez. Es notable por su alto contenido de grasa y su capacidad de producción, que es cuatro veces superior a las variedades tradicionales. Además, presenta resistencia a enfermedades del cultivo. (Cedeño, 2019)

El cacao es el producto más consumido por el mercado del chocolate, de sus semillas se pueden desarrollar varios productos, incluyendo cacao en grano, licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y chocolate como producto final. El cacao en polvo se utiliza principalmente para aromatizar galletas, helados, bebidas y tortas. También se emplea en la producción de coberturas para confiterías, snacks de maíz enriquecidos con cáscara de cacao y postres congelados. Adicionalmente, se disfruta en bebidas como batidos de chocolate, sus

usos tradicionales en la producción de chocolate y confitería, la cáscara de cacao encuentra aplicación en la industria del tabaco, cremas, jabones, cosméticos y otros productos. (Nieto, K., Mendoza, N y Campos, R., 2021)

2.2.4. La cáscara de cacao y sus usos.

El mercado de cacao estima que para producir una tonelada de grano seco se generan aproximadamente 10 toneladas de residuos de cacao Priyangini et al. (2018). Los residuos de cacao representan del 74% al 86% del peso total. Mientras que el grano se procesa en la elaboración de chocolate y otros derivados, la cáscara suele ser considerada un desecho por los agricultores. (Constante, 2020)

La cáscara de cacao puede contener micotoxinas, diversos microorganismos, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados. Este subproducto de la industria cacaotera tiene un valor nutricional significativo y encuentra aplicaciones en la industria alimentaria, así como en sectores como el petrolero, farmacéutico, cosmético y agrícola (Barisic et al., 2020).

Montoya et al. (2023) revelan en sus estudios que la cáscara de cacao presenta una composición química destacada por altos contenidos de lignina, celulosa hemicelulosa, y cantidades significativas de pectina. Por otro lado, según Cedeño (2019), uno de los posibles usos de la cáscara del cacao es la obtención de biochar. Sin embargo, la tabla 1 resalta su potencial en la extracción de pectina, una sustancia crucial en la producción de alimentos como salsas, mermeladas, jaleas y bebidas debido a sus propiedades gelificantes.

Tabla 1. Composición nutricional de la cáscara de cacao

Componentes	% p/p
Humedad	85
Proteína	1,07
Minerales	1,41
Grasa	0,02
Fibra	5,45
Carbohidratos	7,05
N	0,171
P	0,026
K	0,545
Pectinas	0,89

Nota. Datos tomados de (Cedeño, 2019)

Las pectinas muestran una afinidad para formar soluciones en agua, dependiendo su grado de metilación pueden formar geles con azúcar y ácido (López y Mefleh., 2022). Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la pectina químicamente es un polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, que unidas constituyen el ácido poli galacturónico, el cual contiene polímeros como lignina, celulosa y hemicelulosa, que permiten ser transformadas para la obtención de microfibrillas (Vanitha, T., y Khan, M., 2020)

La pectina se convierte en un producto de gran interés tecnológico para la industria de los alimentos, sus propiedades reológicas la hacen ideal como gelificante, espesante, texturizante y emulsificante, además de ser utilizada como sustituto de grasas en alimentos bajos en calorías. Su aplicación más destacada se encuentra en la manufactura de jaleas, mermeladas, salsas y otros productos, donde contribuye significativamente a la textura y viscosidad. (Nizama, 2015).

Las características principales que definen a la pectina son:

- **Grado de Metilación (%Me):** Describe la esterificación de los grupos carboxilos por radicales metilos, determinando así el grado de la pectina, puede degradarse por despolimerización, produciendo una ruptura de la estructura del ácido galacturónico no metilado, o mediante desmetilación, que disminuye con la maduración (López y Mefleh., 2022).
- **Poder gelificante:** Capacidad que la pectina para formar geles, pero esto depende de la molécula y de su grado de metilación. (López y Mefleh., 2022).
- **Peso molecular:** Relacionado con la longitud de la cadena, afecta la viscosidad y, por ende, el comportamiento de la formación de geles. El grado de esterificación influye en la temperatura de gelificación y su velocidad, así como en algunas propiedades organolépticas de los geles de pectina-azúcar-ácido, particularmente en las pectinas de alto metoxilo (Almeida C et al., 2019).
- **Porcentaje de ácido anhídrido galacturónico (AAG):** Indica el grado de pureza de la pectina, ya que este polisacárido está compuesto no solo por ácido D-galacturónico, sino también por otros azúcares como arabinosa, glucosa y ramnosa. Según las

especificaciones de la FAO para pectinas comerciales, el AAG debe ser al menos del 65% sobre base seca, libre de cenizas y azúcares si los hubiera (Mendoza et al., 2017).

- Viscosidad: Esta propiedad varía dependiendo de varias propiedades de la partícula de la pectina. Las soluciones de pectina mantienen el comportamiento de un pseudoplástico no newtoniano, que depende de parámetros como la temperatura, el grado de polimerización y la concentración de pectina. La presencia de polielectrolitos afecta la viscosidad al modificar la estructura y el tamaño de las macromoléculas, así como la naturaleza de los contraiones, que funcionan para frenar el flujo de los polímeros (López y Mefleh., 2022) Además, el calcio y otros iones polivalentes pueden aumentar la viscosidad de las soluciones de pectina, y las soluciones de pectina de bajo metoxilo aún pueden gelificar si el contenido de calcio excede un cierto límite (Nizama, 2015)

Clasificación de pectinas de acuerdo con el grado de esterificación o contenido de metoxilo.

- Pectinas de alto metoxilo (HM): Estas pectinas tienen el 50% de sus grupos carboxilos del ácido galacturónico esterificados con metanol. Cuanto mayor sea el grado de esterificación, mayor será la temperatura requerida para la gelificación. Pueden formar geles en un rango de pH entre 2,8 y 3,5 y en concentraciones de azúcar entre 60° y 70° Brix. Según Pelier et al. (2020), se emplean en la elaboración de mermeladas, gelatinas, jaleas y otros productos alimentarios, así como para estabilizar yogures sometidos a tratamientos ultra caloríficos.
- Almeida et al. (2019) describen las pectinas de bajo metoxilo (LM), las cuales forman geles termorreversibles mediante una reacción con el calcio presente. En este caso, los valores de pH y sólidos solubles son de menor importancia, ya que la presencia de sales de calcio es crucial para la formación de estos geles. Los grados Brix pueden ser tan bajos como 2 y el pH puede ser neutro, proporcionando la textura y el punto de congelación adecuados.

Los métodos convencionales de extracción de pectina son:

- Método enzimático: Utiliza pectinesterasa o pectinmetilesterasa para convertir pectinas de alto metoxilo en pectinas de bajo metoxilo, sin despolimerizar la molécula de pectina. (Macías y Rengifo 2019).

El proceso comienza con la deshidratación del material vegetal utilizando solvente (etanol) o mediante secado en estufa. Se emplean enzimas como la endopoligalacturonasa (de *Aspergillus niger*), la endo-celulasa (de *Trichoderma Sp.*) y la endogarabinasa (también de *A. niger*). Para que la degradación enzimática ocurra de manera efectiva, se requieren condiciones específicas: se prepara un buffer de ácido cítrico-citrato de sodio con una concentración de 80 mL a 50 mM, con un pH de 4,5 en un reactor de mezcla ideal a 40°C. A continuación, se añaden 8 µL de una enzima altamente purificada y luego se incorporan 2 g de material vegetal. La reacción se mantiene bajo agitación constante durante 12 horas. Al finalizar, la suspensión se filtra mediante tela muselina. El material vegetal sin pectina se lava con agua y se deshidrata con solventes orgánicos. La pectina contenida en el jugo péctico se precipita con etanol y se separa por filtración.

- Según Rengifo y Macías (2019), la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida se lleva a cabo a temperaturas aproximadas de 90°C durante una hora. Las pectinas se extraen y separan utilizando ácidos como el ácido cítrico, clorhídrico, fosfórico, nítrico o sulfúrico; posteriormente se precipitan añadiendo alcohol, se secan, se granulan y se tamizan.

2.2.5. Reología en la Industria de las Mermeladas.

Según Ramírez (2015), la reología es una rama de la mecánica que se centra en estudiar aspectos físicos como: elasticidad, plasticidad y viscosidad. Por otro lado, Marsiglia Fuente et al. (2018) señalan que la reología es fundamental para la caracterización de los alimentos, ya que estudia cómo varían los parámetros de deformación de la materia desde su procesamiento hasta la elaboración del producto terminado.

Además, Bird et al. (1992), menciona que la reología es la ciencia que estudia el fluido y su deformación, analizando las propiedades mecánicas de materiales complejos como polímeros y productos alimenticios. Esta disciplina abarca desde la mecánica de fluidos newtonianos

hasta el estudio de la deformación y flujo de materiales pastosos, suspensiones y la elasticidad de Hooke.

A continuación, se detallan algunos términos importantes:

- Fluido: Sustancia que, debido a su baja cohesión intermolecular, no tiene forma propia y adopta la forma del recipiente que la contiene. Pueden ser líquidos o gases que, bajo una presión y temperatura específicas, ocupan un volumen determinado. Los líquidos ofrecen una gran resistencia al cambio de volumen, pero no de forma, mientras que los gases ofrecen poca resistencia tanto al cambio de forma como de volumen (Mott, 2006).
- Fluido Newtoniano: Sustancia que obedece la ley de Newton, y tiene una relación lineal entre: esfuerzo cortante τ_{yx} y gradiente de velocidad $\frac{dv_x}{dy}$.
- Fluido no newtoniano: Es aquel cuya viscosidad varía con la velocidad de cizallamiento o deformación que se le aplica, en dirección de la fuerza aplicada (Hidalgo et al., 2022).

El comportamiento del flujo desempeña un papel crucial en prever cómo evolucionará la estructura de la mermelada a medida que se consume. Generalmente, las mermeladas exhiben un comportamiento de fluido no newtoniano, lo cual significa que, para lograr un buen rendimiento en el bombeo y el llenado de la mermelada de fruta, su viscosidad debe ser baja a altas velocidades de cizallamiento. Sin embargo, si la viscosidad de la mermelada es demasiado baja, tiende a comportarse como un líquido.

Las mermeladas se comportan como fluidos no newtonianos, y entre estos se encuentran el plástico de Bingham, pseudoplástico y dilatante. Por otro lado, entre los dependientes del tiempo se incluyen el tixotrópico, reopéctico y viscoelástico. En el caso de este producto alimentario, la curva de esfuerzo de corte frente a la velocidad de corte no es lineal, no comienza en el origen, o el material muestra un comportamiento reológico que varía con el tiempo debido a cambios estructurales (Ocampo, 2018).

Existen modelos reológicos que permiten una adecuada modelización del comportamiento del fluido, al menos dentro de un intervalo específico de gradiente de velocidad, tales como las ecuaciones de Ostwald, ley de la potencia, Herschel Bulkley y Bingham.

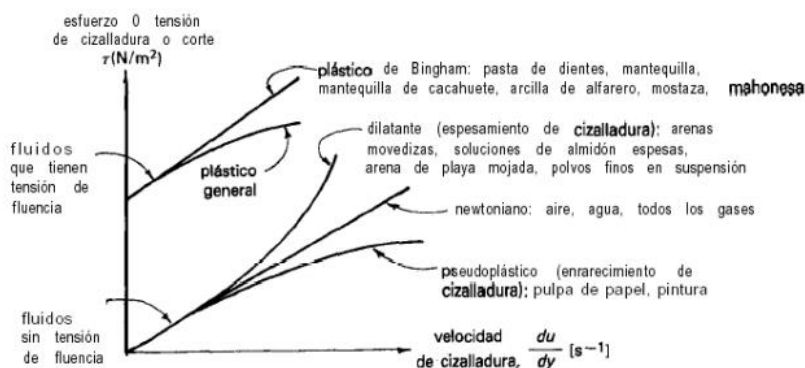
Los sistemas alimentarios son complejas estructuras compuestas por múltiples fases, que pueden ser analizados mediante modelos para sistemas viscosos multifásicos. Estos modelos utilizan parámetros físicos cuantificables para describir la reología, es decir, las propiedades de flujo o textura del producto. Los cambios estructurales mencionados, que ocurren al variar el gradiente de velocidad y son instantáneos en el tiempo, reflejan distintos comportamientos como pseudoplástico, dilatante o plástico en los alimentos (Ocampo, 2018).

En la mayoría de los alimentos multifásicos, la estructura en equilibrio inicial muestra una resistencia interna al flujo que es menor que en la región newtoniana inicial. Por lo tanto, la viscosidad disminuye conforme aumentan las velocidades de deformación o el esfuerzo aplicado, lo cual define un comportamiento pseudoplástico si la estructura se alcanza instantáneamente, o tixotrópico si requiere un periodo de cizallamiento continuo.

Para concentraciones bajas de los componentes estructurales, el movimiento Browniano prevalece, manteniendo una estructura isotrópica con interacciones insignificantes entre partículas o macromoléculas. En este escenario, la viscosidad aparente (η) es independiente del gradiente de velocidad, exhibiendo un comportamiento newtoniano a bajos gradientes de velocidad (Díaz, 2018).

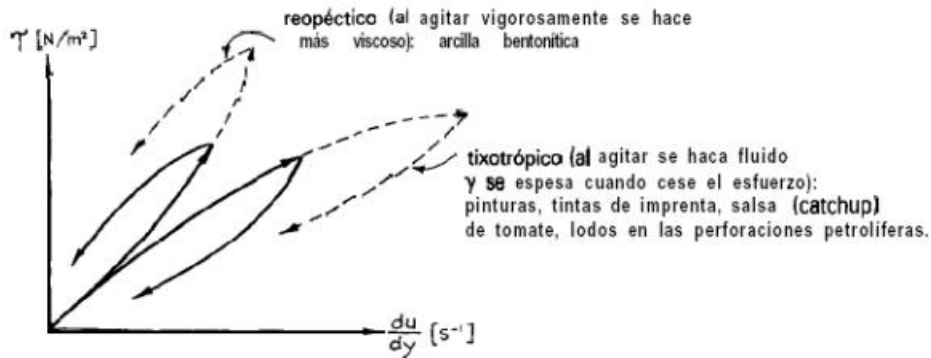
Figura 1

Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para diversos tipos de fluidos no newtonianos independientes del tiempo.



Nota: Obtenido de (Ramírez Navas, 2015)

Figura 2 Esfuerzo frente a velocidad de cizalladura para las dos clases de fluidos no newtonianos, dependientes del tiempo, pero no elásticos.



Nota: Obtenido de (Ramírez Navas, 2015)

2.2.6.1 Modelos reológicos en la industria de las mermeladas.

- Modelo de Ostwald de Waele

En los sistemas dilatantes y pseudoplásticos la relación esfuerzo de corte-relación de deformación no viene expresada por una línea recta, pero es única. A cada valor de esfuerzo de corte le corresponde un solo valor de relación de deformación. Por esta razón la gráfica se puede describir matemáticamente así:

$$\tau_{yx} = -m \left| \frac{dV_x}{dy} \right|^{n-1} \frac{dV_x}{dy} \quad (1)$$

(Bird et al., 1992)

La pendiente de la recta n recibe el nombre de índice de comportamiento reológico o de flujo. Para $n=1$, se transforma en la ley de la viscosidad de Newton; siendo $m=\mu$. La desviación del valor de n con respecto a la unidad es una mezcla del grado de desviación del comportamiento newtoniano.

$n < 1$: Fluido Pseudoplástico

$n = 1$: Fluido Newtoniano

$n > 1$: Fluido Dilatante

- Modelo Plástico de Bingham

$$\tau_{yx} = -\mu_0 \frac{dV_x}{dy} \pm \tau_0 \quad \text{Si } |\tau_{yx}| > \tau_0 \quad (2)$$

$$\frac{dV_x}{dy} \quad \text{Si } |\tau_{yx}| > \tau_0 \quad (3)$$

(Bird et al., 1992)

Este modelo explica que permanece rígida mientras el esfuerzo cortante es menor de un determinado valor τ_o , por encima del cual se comporta de forma semejante a un fluido. Este modelo resulta suficientemente exacto para muchas pastas y suspensiones finas.

- Herschel Bulkley.

Incorpora los elementos de los modelos de la potencia y de Bingham, permite caracterizar el flujo de los fluidos plásticos que para valores del esfuerzo superiores al del umbral de fluencia fluyen con carácter no newtoniano:

$$\tau_{yx} = m \left(\frac{dV_x}{dy} \right)^n + \tau_o \quad (4)$$

(Bird et al., 1992)

τ_o : esfuerzo mínimo de cedencia o el umbral de fluencia, para describir el comportamiento plástico y el plástico tipo Casson (Bird, Stewart, & Lightfoot, 1992)

- Modelo de Casson.

$$\tau_{yx}^{0,5} = m \left(\frac{dV_x}{dy} \right)^{0,5} + \tau_o^{0,5} \quad (5)$$

(Bird et al., 1992)

La relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte puede ser linealizada al graficar la raíz cuadrada del esfuerzo cortante versus la raíz cuadrada de la velocidad de corte. Este enfoque ha sido adoptado por la Oficina Internacional del Cacao y el Chocolate como el modelo oficial para representar el comportamiento de flujo del chocolate. (Ramírez, 2015).

2.3 Marco legal

Según los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (2024), en el Eje 1: Derecho Social, se busca mejorar integralmente las condiciones de vida de la población, asegurando un acceso equitativo a salud, vivienda y bienestar social.

En la Política 1.10: Fortalecer la inclusión social, garantizar el ejercicio de derechos y combatir la discriminación de los Pueblos y Nacionalidades, se menciona la financiación de proyectos económicos y productivos para fortalecer las cadenas de valor y mejorar las condiciones de vida. Además, se propone proporcionar asistencia técnica y capacitación para la implementación de proyectos productivos sostenibles.

En el Eje 2: Desarrollo Económico, según el objetivo 5, se destaca el fomento sostenible de la producción, con el propósito de mejorar los niveles de productividad y lograr un equilibrio entre la producción y la conservación del ambiente. En la Política 5.1 se enfatiza el incremento de la oferta del sector agropecuario para satisfacer tanto la demanda nacional como la internacional de productos tradicionales y no tradicionales de alta calidad. Asimismo, en la Política 5.2 se subraya el fortalecimiento de los sistemas agroalimentarios y la implementación de prácticas innovadoras orientadas hacia la sostenibilidad ambiental, con especial atención en aumentar la participación de jóvenes y mujeres en este sector.

El papel del Gobierno como promotor de la generación de nuevos productos y servicios que impulsen la economía del país sin agotar los recursos naturales es crucial para avanzar hacia una economía circular. En este contexto, se ha establecido el concepto de "Sistema Económico Circular", que representa una nueva visión económica integrada tanto en políticas ambientales como económicas a nivel internacional. Este sistema reemplaza el modelo lineal tradicional de "producir, usar y desechar" por uno basado en "reducir, reutilizar y reciclar", lo cual es fundamental para mitigar la acelerada degradación ambiental planetaria (MAATE, 2023).

Dentro del Eje de Infraestructura, Energía y Medio Ambiente, específicamente en el objetivo 7 de precautelar el uso responsable de los recursos naturales con un enfoque ambientalmente sostenible, la Política 7.4 subraya la importancia de conservar y restaurar los recursos

naturales renovables terrestres y marinos. Esta política promueve modelos de desarrollo sostenible, de bajas emisiones y resilientes frente a los efectos adversos del cambio climático. Se enfatiza la necesidad de conservar, restaurar, proteger, utilizar y aprovechar de manera sostenible el patrimonio natural, respaldado por mecanismos regulatorios eficaces para su gestión.

Para implementar de forma efectiva el Plan de Desarrollo, es fundamental incrementar las oportunidades tangibles de transformación estructural, mediante la creación de nuevos procesos y el fortalecimiento del sistema productivo. Esto se basa en la eficiencia, la generación de valor agregado y la innovación, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad externa y apoyar al sector rural. Como parte de este esfuerzo, esta investigación se centra en el desarrollo de un nuevo producto alimentario destinado a potenciar las capacidades productivas de emprendedores, empresarios y sectores estratégicos en la Provincia del Carchi, especialmente en sus zonas rurales. Este enfoque busca promover el empleo, el uso de tecnologías avanzadas y mejorar el acceso de la población a créditos y servicios financieros. Asimismo, se busca fortalecer el talento humano, fomentar la innovación, optimizar el uso de recursos y facilitar el desarrollo de nuevos productos alimentarios.

El proceso de elaboración de productos a partir de materia prima orgánica debe enfocarse en mantener un equilibrio entre consideraciones ambientales y económicas. Según el director ejecutivo de la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoosanitario (2023), es crucial respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente saludable y utilizar los recursos naturales de manera racional, sustentable y sostenible. Además, se enfatiza la importancia de promover la investigación científica y la innovación tecnológica para asegurar la soberanía alimentaria.

En el contexto específico de la elaboración de mermelada utilizando residuos de cacao y fruta chilacuan, este enfoque contribuye activamente a la preservación del medio ambiente al aprovechar recursos naturales que actualmente no se utilizan.

La Ley Orgánica del Régimen de Soberanía Alimentaria (LORSA) en Ecuador establece en su Artículo 1 el objetivo de asegurar que el Estado cumpla con su responsabilidad estratégica de garantizar a las personas, comunidades y pueblos la autosuficiencia de alimentos sanos,

nutritivos y culturalmente apropiados de manera sostenible. Asimismo, en su Artículo 14, la ley promueve activamente la producción agroecológica, orgánica y sustentable mediante incentivos, programas de capacitación, líneas de crédito especiales y estrategias de comercialización tanto en el mercado nacional como internacional (LORSA, 2018).

En la competencia del uso de residuos orgánicos, la Constitución de la República del Ecuador aborda en su Artículo 71 el derecho integral de la naturaleza a que se respete su existencia, así como el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Además, el Artículo 276 establece que el régimen de desarrollo tiene como objetivo recuperar y conservar la naturaleza, asegurando un ambiente sano y sustentable que garantice el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire, suelo y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural. Por último, el Artículo 415 especifica que los gobiernos autónomos descentralizados deben implementar programas para el uso racional del agua, así como para la reducción, reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos (Ministerio del Medio Ambiente y Agua, 2020).

El Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (COA) (2019), en su Artículo 226, establece el principio de jerarquización en la gestión de residuos y desechos. Según este principio, las acciones deben seguir el siguiente orden de prioridad: prevención, minimización de la generación en la fuente, aprovechamiento o valorización, eliminación y disposición final.

El Artículo 593 establece que los residuos orgánicos generados en los cantones, incluyendo los provenientes de la limpieza y poda de espacios públicos, deben ser gestionados según la realidad local y formar parte de los Planes de Gestión Integral Municipal de residuos y desechos sólidos de cada gobierno autónomo descentralizado municipal. Este componente del plan debe fomentar y facilitar el aprovechamiento de residuos, adaptándose a las prácticas y necesidades locales, con un enfoque prioritario en el reciclaje inclusivo.

Además, el Artículo 594 establece que la Autoridad Ambiental Nacional definirá las metas para la recuperación de residuos reciclables y el aprovechamiento de residuos orgánicos. Por otro lado, el Artículo 668 de la Estrategia Nacional de Producción y Consumo Sostenible indica que la Autoridad Ambiental Nacional desarrollará esta estrategia, que incluirá

directrices para fomentar hábitos de producción y consumo sostenible, tales como la minimización de la generación de desechos y la promoción del aprovechamiento de residuos, en línea con la Política Ambiental Nacional. Además, se priorizará el apoyo a actividades, obras o proyectos que fortalezcan la seguridad y soberanía alimentaria dentro de un marco de gestión ambiental eficaz. (COA, 2019)

El trabajo actual, en concordancia con las normativas legales mencionadas, ofrece alternativas tanto para los agricultores como para los investigadores en cuanto al aprovechamiento y valorización de residuos orgánicos como la cáscara de cacao, que constituye un foco de contaminación debido a la generación de lixiviados altamente ácidos durante su degradación, los cuales pueden causar daños en los suelos y aguas. Por esta razón, se recomienda su recuperación inmediata y su transformación en materia prima para la producción de abonos orgánicos, energía e incluso nuevos productos alimentarios mediante diversas metodologías. Esto contribuye significativamente a fomentar la economía circular en el país.

CAPÍTULO III

III METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

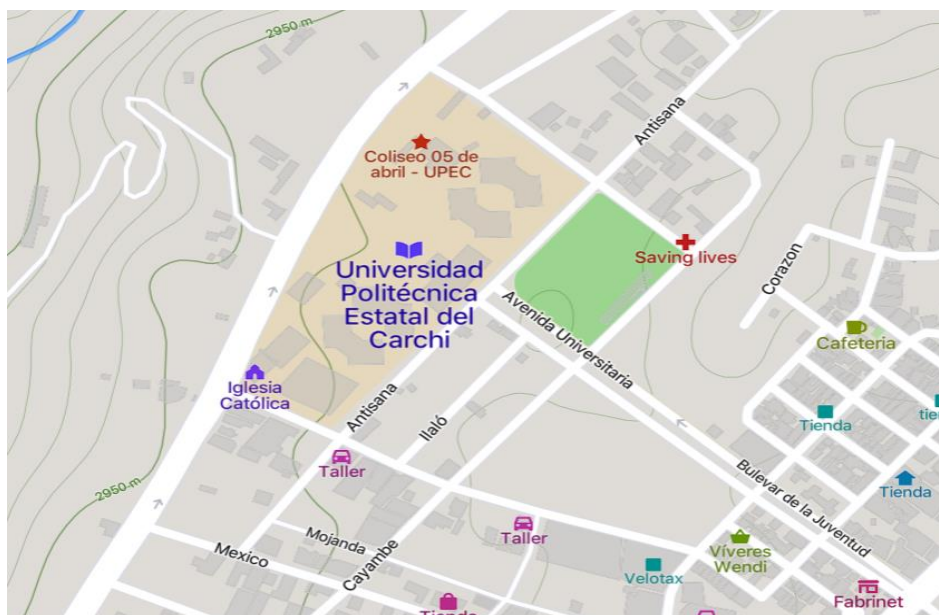
La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Investigación y laboratorio de fenómenos de transporte de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador en donde la primera fase del trabajo se realizó en el Laboratorio de Investigación y Fenómenos de Transporte de la Universidad Central del Ecuador, donde se llevó a cabo la extracción de pectina. Posteriormente, la segunda fase, consistente en la elaboración de mermelada de chilacuan y su análisis fisicoquímico y reológico, se desarrolló en el Laboratorio de Reología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi."; Se emplearon técnicas gravimétricas, volumétricas y reométricas utilizando el equipamiento disponible en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Química ubicada geográficamente en la ciudad de Quito sector norte occidental calle Bolivia y Enrique Rither y del laboratorio de reología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi ubicada en el sector sur de la ciudad calle Universitaria y Antisana Y, como se observa en la figura 3 y 4 respectivamente .

Figura 3 Mapa de ubicación de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador.



Fuente: (UCE, 2023)

Figura 4 Mapa de ubicación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.



Fuente: (UPEC, 2023)

3.2 Enfoque y tipo de investigación

3.2.1 Enfoque

El presente estudio se realizó de forma cuantitativa, en el que se evaluaron la calidad fisicoquímica y reológica de la mermelada de chilacuan preparada con la pectina extraída de la cáscara de cacao, empleando métodos fisicoquímicos con magnitudes numéricas para la obtención y procesamiento de información. Obteniendo así datos respecto al pH, grados Brix, viscosidad, además, el nivel de aceptación sensorial con una escala numérica de 5 puntos para el posterior análisis estadístico que permitió determinar la influencia del aditivo en la mermelada de chilacuan.

3.2.2 Tipo de investigación

Se llevó a cabo un estudio experimental en el que se recopilaron datos utilizando técnicas instrumentales, manipulando variables, reactivos, sustancias y equipos. Además, se incluyó un grupo de control en el que las variables no se manipulan y otro en el que se manipulan las variables permitiendo así una observación y determinación de la causa y efecto del fenómeno en estudio. Se operó la variable independiente, porcentaje de sustitución de la pectina comercial por la pectina de cáscara de cacao, para evaluar su efecto en las propiedades fisicoquímicas y reológicas de la mermelada.

3.3 Definición y operacionalización de variables

3.3.1 Definición de las variables

Variable Independiente: porcentaje de sustitución de la pectina comercial por la pectina de cáscara de cacao:

- 0 %
- 25 %
- 50 %
- 75 %
- 100 %

Variables dependientes:

Características fisicoquímicas:

- pH
- Sólidos solubles

Características Reológicas:

- Viscosidad

Aceptabilidad sensorial del producto:

- Color
- Olor
- Sabor
- Consistencia
- Aceptabilidad global

3.3.2 Operacionalización de variables.

La tabla 2 hace referencia a la operación de variables dependientes e independientes, en donde se menciona las técnicas e instrumentos que se utilizaron para realizar en análisis de calidad de la mermelada.

Tabla 2 Operacionalización de variables.

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumentos	
Independiente:					
Porcentaje de sustitución de pectina comercial por pectina de cáscara de cacao.	de de	Porcentaje de sustitución	0%	Gravimetría	(Méndez M, 2020)
			25%		
			50%		
			75%		
			100%		
Dependiente					
Calidad de la mermelada de chilacuan.	Análisis físicoquímicos	Ph	Potenciométrica	NTE INEN 389	
		Sólidos solubles	Refractometría	NTE INEN 380	
		Viscosidad	Reometría	(Chávez M, 2022)	
	Análisis Reológico				
	Análisis Sensorial	Color Sabor Olor Consistencia Aceptabilidad Global	Prueba afectiva de 5 puntos.	Hojas de evaluación sensorial.	

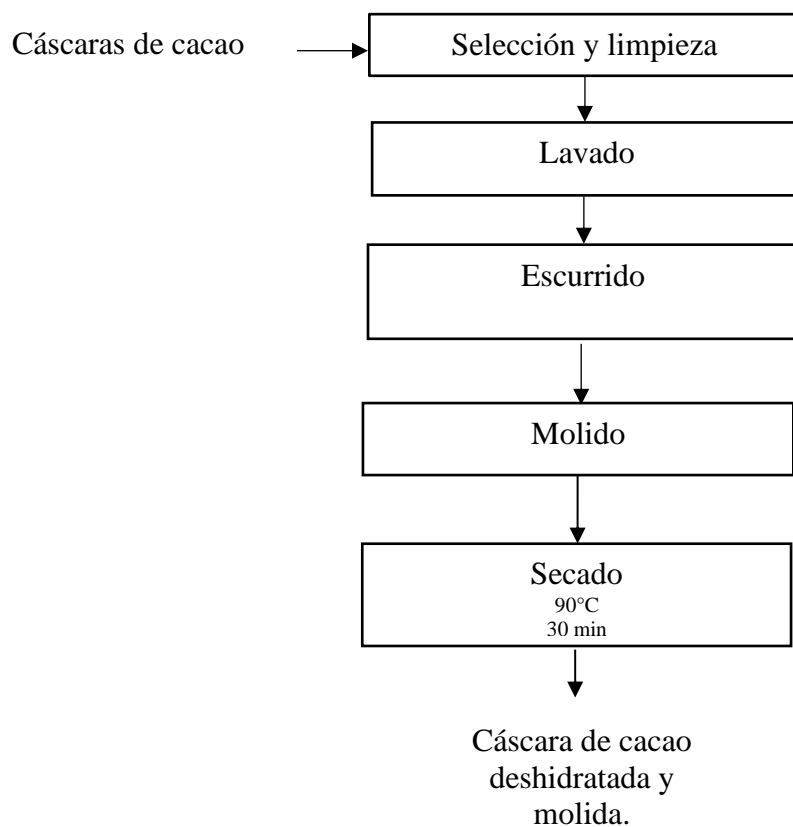
3.4 Procedimientos

Fase 1. Proceso de extracción de pectina a partir de cáscara de cacao.

En el diagrama de flujo 1 indica el tratamiento aplicado a la materia prima para acondicionar la materia prima.

Diagrama 1.

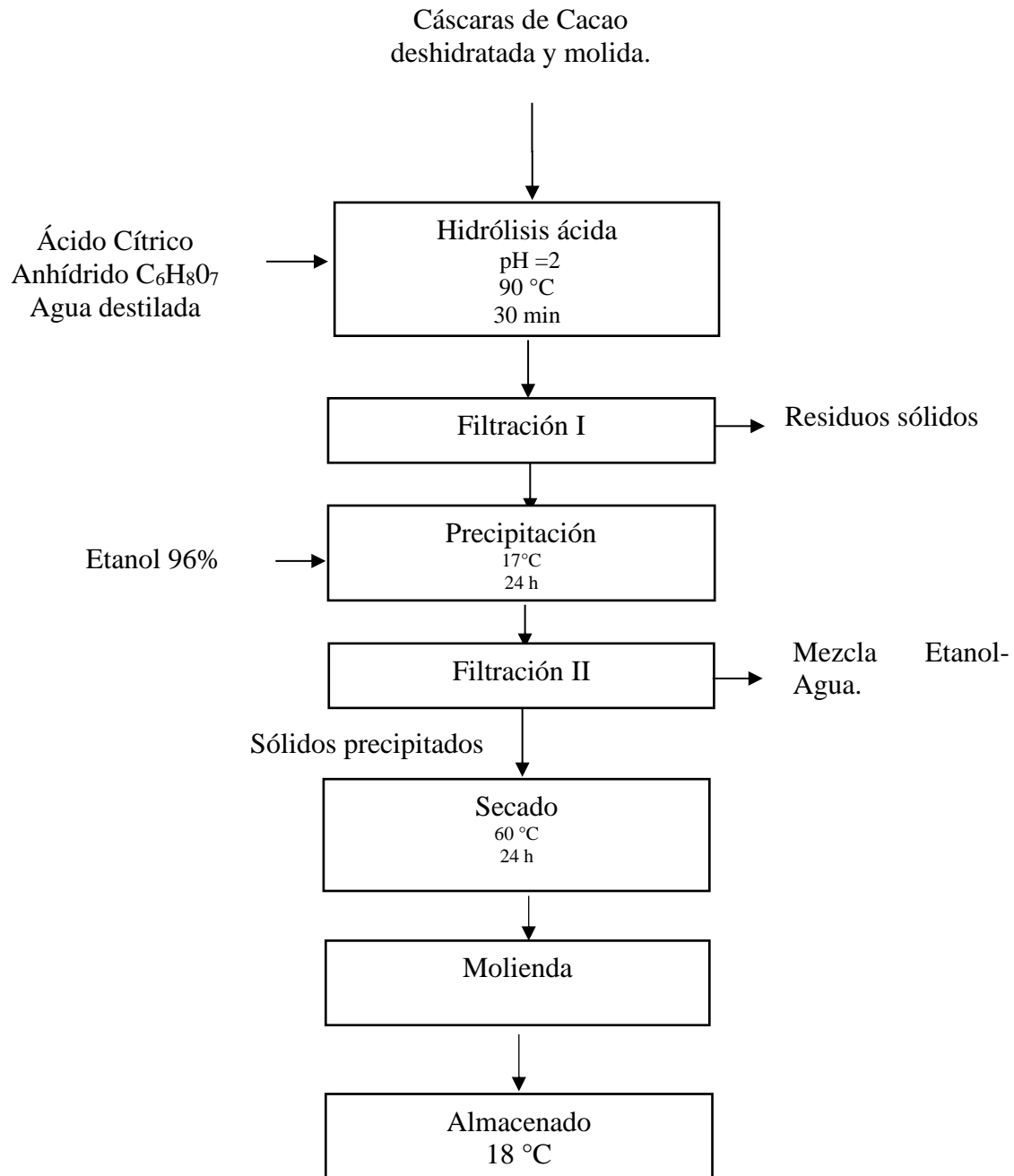
Diagrama de flujo para el tratamiento de la materia prima



El diagrama 2 indica las operaciones y procesos correspondientes para la obtención del compuesto de interés a partir de la materia prima previamente deshidratada y molida.

Diagrama 2.

Diagrama de flujo para la obtención de pectina a partir de cáscara de cacao por el método de hidrólisis ácida.



3.4.1. Descripción para el tratamiento de las cáscaras de cacao.

- **Selección y limpieza:** Se seleccionaron el subproducto de la producción de cacao de la variedad CCN-51, con el fin de garantizar homogeneidad de la materia prima, y después se limpiaron con papel absorbente.
- **Lavado:** Las cáscaras de cacao se lavaron con agua potable para eliminar cualquier tipo de impureza.
- **Escurrido:** Con ayuda de papel absorbente, se eliminaron los residuos de agua presentes en las cáscaras de cacao, dejando a la materia prima totalmente seca.
- **Molienda:** Posteriormente, en un molino de mano, se trituraron las cáscaras de cacao hasta obtener partículas pequeñas de 1 mm.
- **Secado:** Se deshidrataron las cáscaras de cacao molidas en la estufa de secado, en el curso de 30 min a una temperatura de 90°C.
- **Almacenamiento:** Finalmente se dejaron reposar a las cáscaras de cacao en polvo a una temperatura ambiente 14°C.

3.4.2. Descripción del proceso de extracción de pectina a partir de las cáscaras de cacao previamente deshidratadas y molidas.

- **Hidrólisis Ácida:** Se ajustó el pH a 2, preparando una solución de ácido cítrico anhídrido. Luego, se emplearon 10 g de cáscara de cacao en polvo y se colocó 250 mL de la solución preparada. La mezcla, se sometió a una temperatura de 90°C durante 30 min con agitación constante. Esta relación se mantuvo estable, teniendo en cuenta los valores que producen mejores resultados según Nizama (2015) y Rengifo y Macías (2019).
- **Enfriamiento:** Se disminuyó el calor de la mezcla utilizando un baño maría inverso durante 24 horas para reducir la degradación del aditivo alimentario por el calor.
- **Filtración I:** El licor de pectina se filtró lentamente a través de papel filtro, separando el material sólido de la fase líquida en la que se encuentra disuelto el aditivo alimentario.
- **Precipitación:** Se precipitó la fase acuosa obtenida de la filtración utilizando etanol comercial al 96%. Para ello, se colocó la misma proporción de etanol con respecto a

la fase acuosa extraído de la primera filtración, posterior a ello se dejó reposar por 24 horas hasta crear un gel con buena resistencia.

- **Filtración II:** Al obtener la separación donde se obtuvo una fase húmeda en la cual está presente la pectina y la mezcla etanol-agua, se separó y recuperó el sobrenadante en el cual se encontraron disuelto el compuesto de interés y se desechó la solución de etanol-agua.
- **Secado:** Según Nizama (2015), para optimizar la velocidad de demetilación y mantener las propiedades del producto, es aconsejable evitar el secado a temperaturas elevadas y preferiblemente optar por un rango de temperatura entre (30-40) °C, por lo cual, el aditivo se secó en una estufa a una temperatura de 40 °C durante 12 horas hasta obtener la fase sólida de la pectina completamente seca.
- **Molienda:** Para reducir el tamaño de partículas se utilizó un molino industrial para lograr una pectina en polvo de 1 mm de buena solubilidad.
- **Almacenado:** Finalmente se esparció de manera uniforme la pectina en polvo extraída de las cáscaras de cacao sobre cajas Petri previamente esterilizadas y se almacenó a temperatura ambiente.

Rendimiento de pectina

El rendimiento de la pectina extraída se calculó de acuerdo con la ecuación 1.

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Pectina seca (g)}}{\text{Peso de cáscara de cacao fresca (g)}} * 100\% \quad (6)$$

3.4.3. Análisis de las características fisicoquímicas de la pectina de cáscara de cacao.

Se determinaron la humedad, cenizas, peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo, grado de esterificación y porcentaje de Ácido Anhídrido galacturónico, de la pectina de cáscara de cacao.

La tabla 3 indica los límites máximos permisibles según las diferentes organizaciones respecto a humedad, cenizas totales, ácido galacturónico y grado de esterificación de pectina.

Tabla 3 Requisitos fisicoquímicos de la pectina

CARACTERÍSTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)
Humedad	máx. 12%	máx. 12%	máx. 12%
Cenizas totales	-	máx. 10%	-
Ácido Galacturónico	min. 65%	-	min 65%
Grado de Esterificación de pectina HM	-	mín. 50%	-
Grado de Esterificación LM	-	máx. 50%.	-

Fuente: (Nizama, 2015).

FAO: Food and Agriculture Organization

FCC: Food Chemicals Codex

ECC: Environmental Export Council

Humedad

El contenido de humedad se determinó colocando los crisoles en la estufa a 105 °C por 1 hora para eliminar cualquier tipo de impurezas y humedad, luego se pesaron 3 g del compuesto de interés en crisoles previamente pesados y enfriados, Seguidamente se colocó la muestra en la estufa a 105 °C en un tiempo de 4 horas, luego se disminuyó la temperatura a 18 °C aproximadamente a la muestra en el desecador por 30 minutos (Castro y Cargua, 2021).

Cálculos

$$\text{Contenido de humedad en la muestra (\%)} = \frac{s-(W_1-W_0)}{s} * 100 \quad (7)$$

Donde:

W_0 = Peso del crisol en gramos.

W_1 = Peso del crisol con la muestra después del secado en gramos.

s = Peso de la muestra.

Este proceso se realizó de acuerdo con el método AOAC 925.45 B establecido en el (CODEX, 2015).

Cenizas

Según la norma INEN 0533 (1981), para determinar cenizas en productos procedentes de cacao, se procedió a pesar un crisol para colocar en él 5 g de muestra y luego llevarlo a la mufla de calcinación a una temperatura de 600 °C, durante 4 horas hasta alcanzar peso constante, posteriormente se enfriaron los crisoles con la muestra en el desecador durante 20 minutos y se procedió a pesar.

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{W_2 - W_1}{S} * 100 \quad (11)$$

Donde:

W_2 : *Peso de crisol + cenizas (g)*

W_1 : *Peso de crisol + cenizas (g)*

S : *Peso muestra (g)*

Peso Equivalente

Se pesaron 0,5 g de pectina de cáscara de cacao en un Erlenmeyer de 250 mL, posteriormente, se añadieron 0,5 mL de etanol al 95% (V/V) a la muestra de pectina, después se incorporaron 100 mL de agua destilada y se agregaron 6 gotas de fenoltaleína, agitando vigorosamente para evitar la formación de grumos de pectina y asegurando una completa homogeneización de la solución. Finalmente se procedió a titular lentamente la solución con NaOH 0,1 N hasta observar el cambio de color amarillo a color rojizo (Saavedra, 2015).

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq NaOH}} \quad (12)$$

Donde:

mg componente ácido: mg de pectina

meq. Na OH: Miliequivalentes de NaOH utilizados en la titulación.

Ácido Libre

Se utilizó la cantidad de miliequivalentes consumidos durante la titulación del peso equivalente para calcular la acidez libre mediante la fórmula 13 (Castro y Cargua, 2021).

$$\text{Ácido Libre} = \frac{\text{meq. NaOH}}{\text{g componete ácido}} \quad (13)$$

Donde:

Meq. NaOH: Miliequivalentes de Na OH gastados en la titulación

g componente ácido: Tamaño de la muestra en gramos.

Porcentaje de Metoxilo

Se utilizó la solución empleada para la determinación del peso equivalente y acidez, en la cual, se añadió 25 mL de Hidróxido de Sodio 0,1 N para desesterificar la pectina. Tras agitar y dejar reposar durante 30 minutos la solución se neutralizó con 25 mL de ácido clorhídrico 0,25 N, agitando. Finalmente, se tituló la solución con hidróxido de sodio 0,1 N hasta que se observó una coloración rojiza permanente durante 20 segundos (Mendoza et al., 2017).

$$\% \text{ Metoxilo } (Me) = \frac{meq B * 31}{mg \text{ componente ácido}} * 100 \quad (14)$$

Donde:

31: peso molecular del metoxilo (CH₅O) expresado en mg/meq

meq b: Miliequivalentes de NaOH utilizado en la titulación

Componente ácido: Peso de la muestra (mg)

Grado de esterificación

Se relacionó la cantidad de meq utilizados en la titulación para determinar el porcentaje de metoxilación con la suma total de los meq empleados en la titulación para determinar tanto el peso equivalente como el porcentaje de metoxilo.

$$\% \text{ Grado de Esterificación } (Ge) = \frac{meq B}{meq A + meq B} * 100 \quad (15)$$

Donde:

meq A: meq utilizados de Na OH 0,1 N para determinar el peso equivalente.

meq B: meq utilizados de NaOH 0,1 N en la titulación para determinar el contenido de metoxilo.

Ácido Galacturónico

Se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% AAG = \frac{175 * 100 - (meq A + meq B)}{mg \text{ componente ácido}} \quad (16)$$

Donde:

175: Peso molecular del ácido anhídrido galacturónico expresado en mg/meq.

meq A: meq utilizados en la primera titulación con NaOH 0,1 N (Peso equivalente)

meq B: meq utilizados de NaOH 0,1N en la titulación para determinar el contenido de metoxilo

componente ácido: Peso de la muestra (mg).

Fase 2. Elaboración de la mermelada de chilacuan.

En la tabla 4 se indicaron los requisitos mínimos de la mermelada con sus límites mínimos y máximos permisibles respecto a sólidos solubles, pH y mohos y levaduras.

Tabla 4 Requisitos mínimos de la mermelada de frutas

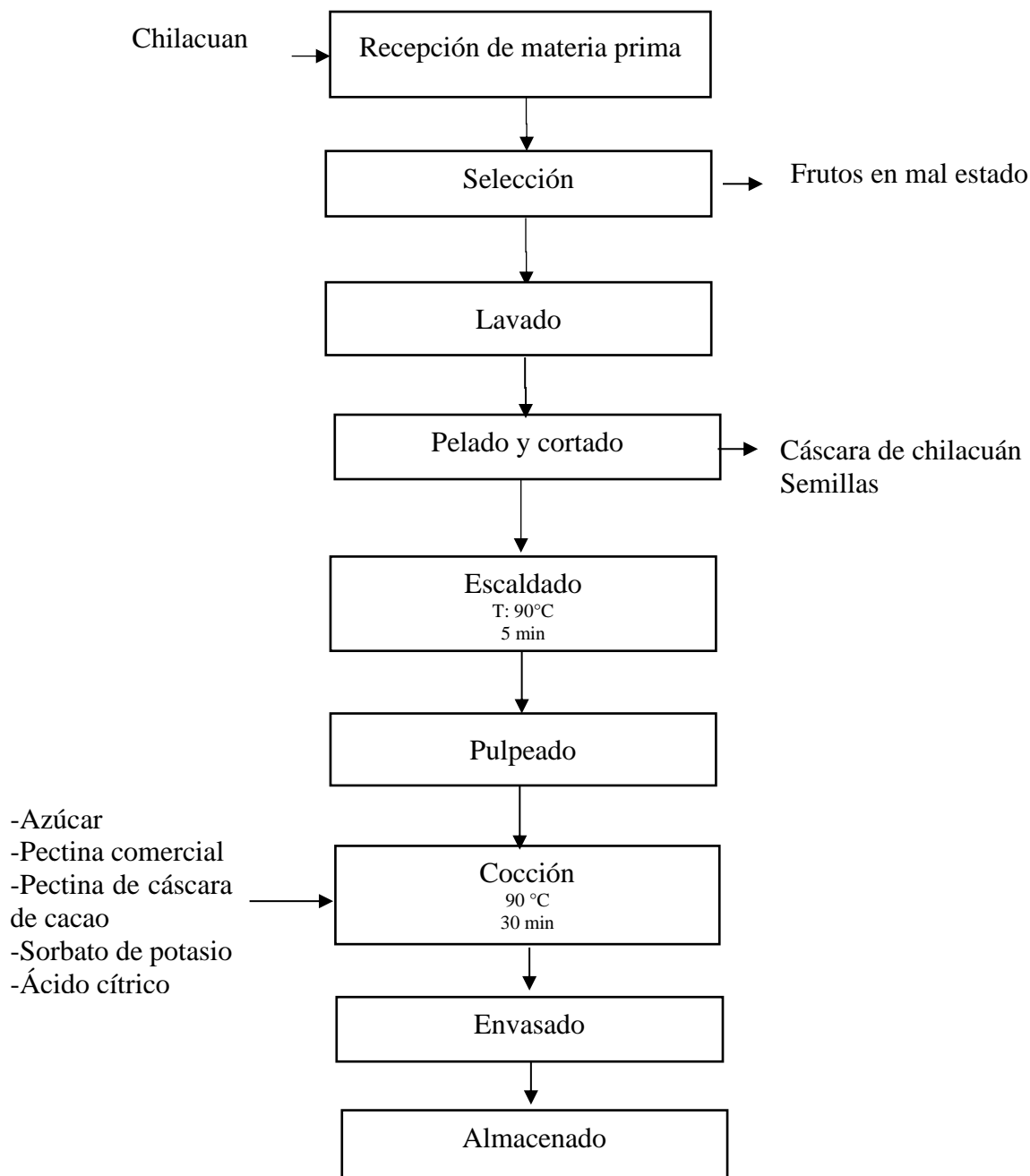
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MIN.	MAX.	MÉTODO DE ENSAYO
Sólidos solubles (a 20°C).	% m/m	65	-	INEN 380
pH	-	2,8	3,5	INEN 389
Mohos y levaduras	% campos positivos	-	30	INEN 386

Fuente: (NTE INEN 0419, 1988)

En el diagrama 3 se indica el procedimiento de elaboración de la mermelada de chilacuan.

Diagrama 3.

Flujograma de proceso de mermelada de chilacuan.



Descripción del proceso de elaboración de mermelada de chilacuan con aplicación de pectina de cáscara de cacao.

- **Recepción de materia prima:** se recolectaron chilacuanes de las zonas rurales del cantón San Pedro de Huaca.
- **Selección de materia prima:** Los chilacuanes fueron clasificados de acuerdo con su estado de madurez, golpes o mallagaduras.
- **Lavado:** este procedimiento se realizó con agua potable para eliminar partículas extrañas como tierra.
- **Pelado:** Este procedimiento se realizó de forma manual con la finalidad de quitar la cáscara de forma muy fina.
- **Cortado:** se cortó la futa en dos partes con la finalidad de retirar sus semillas.
- **Escaldado:** Se realizó a una temperatura de 90°C por un lapso de 5 min con la finalidad de ablandar la fruta.
- **Pulpeado:** La fruta se licuo en la licuadora sin agregar agua para obtener la pulpa del chilacuan.
- **Cocción:** Se colocó las pulpas en ollas de acero inoxidable a ebullición, se removió de forma constante para evitar que la pulpa se pegue en las ollas, luego se agregó la otra parte de azúcar con pectina y sorbato de potasio.
- **Envasado:** Este procedimiento se realizó una vez que la mermelada llegó a los 65 °Brix en envases de vidrio previamente esterilizados para evitar la contaminación microbiológica, además los envases fueron puestos de forma inversa para formar un vacío en el envase.
- **Almacenamiento:** Las mermeladas fueron almacenadas a temperaturas de 10 a 12 °C.

3.4.4. Análisis fisicoquímicos de la mermelada.

Sólidos Solubles

Se midieron los sólidos solubles conforme a la norma NTE INEN 380, aplicada a productos densos como jaleas y mermeladas, utilizando un refractómetro digital. La medición se reporta en grados Brix, que indican el porcentaje en peso de azúcar o sólidos solubles en la mermelada. Para ello, se pesaron 40 g de mermelada en un vaso de precipitados tarado, al

que se añadieron 150 ml de agua destilada. La mezcla se calentó hasta ebullición durante 3 minutos con agitación mediante una varilla de vidrio, luego se enfrió y mezcló adecuadamente. Después, se dejó reposar durante 20 minutos y se filtró la mezcla en un recipiente seco, reservando el filtrado para la determinación. Finalmente, se empleó un refractómetro BOECO con escala de 0 a 90 Brix, donde se depositó una gota del filtrado sobre el vidrio, se cerró con cuidado la tapa de plástico y se procedió a la lectura del resultado.

pH

La variable fue evaluada siguiendo el método descrito en la norma NTE INEN 389. Se tomaron 10 cm³ de mermelada y se colocaron en un vaso de precipitación, al cual se añadieron 100 cm³ de agua destilada y se agitó suavemente. Luego, las partículas en suspensión se dejaron reposar para que el líquido decantara. Finalmente, se midió el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en el vaso de precipitación con la muestra, asegurándose de que no hicieran contacto con las paredes del recipiente ni con las partículas sólidas.

Relación esfuerzo de corte f (velocidad de cizallamiento)

Se llevó a cabo la evaluación reológica utilizando un Reómetro, donde se calcularon el esfuerzo de corte y la velocidad de deformación para cada tratamiento, con el fin de obtener datos de viscosidad posteriormente (Chávez M, 2022).

Análisis Microbiológico de la mermelada.

En este estudio se examinaron mohos y levaduras según la normativa NTE INEN 1529-10. Inicialmente, se esterilizó el material de vidrio y se pesaron 10 gramos de mermelada con diferentes tratamientos. Estos se mezclaron con 90 ml de agua peptona en frascos individuales. Luego, se utilizaron placas Petri para mohos y levaduras dentro de una cámara de flujo laminar, preparando cuatro disoluciones (1, 2, 3, 4) que se sembraron en las placas con una pipeta, añadiendo 1 ml en el centro de cada una. Se cerraron cuidadosamente para evitar la pérdida de muestra y la formación de burbujas, y se incubaron durante 5 días a 25°C. Finalmente, se realizó el recuento de colonias después de este período (Castro y Cargua, 2021)

Fase 3. Nivel de aceptación de la mermelada de chilacuan a través de un análisis sensorial.

Se llevó a cabo un análisis sensorial de cinco tratamientos con el fin de identificar el tratamiento óptimo. Para esto, se utilizó una prueba afectiva de preferencia que involucró a 60 jueces no especializados. Esta metodología no requiere jueces entrenados, lo que facilitó la recopilación de datos y la evaluación del grado de aceptación y preferencia de la mermelada de chilacuan por parte de los consumidores. Así, se pudo determinar cuál de las muestras codificadas fue más preferida por los consumidores en términos de color, sabor, textura y aceptabilidad general en una escala de cinco puntos.

3.4.5. Análisis Estadístico

Se investigó cómo varía el porcentaje de sustitución de la pectina comercial por la pectina de cáscara de cacao mediante un experimento de un solo factor con tres repeticiones, lo que generó un total de 15 ensayos. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) junto con la prueba Tukey para comparar las medias con un nivel de confianza del 95%, con el propósito de identificar diferencias significativas entre los distintos tratamientos. Este análisis se realizó utilizando el software Statgraphics Centurion 18 teniendo relación con el valor de las medias, de igual forma se realizaron pruebas de Shapiro-Wilk para comprobar si los datos se ajustan a una distribución normal.

3.4.6. Tratamientos

En la tabla 7 se indica la descripción de los diferentes niveles del porcentaje de sustitución de pectina de cáscara de cacao, los cuales son: a₁: 0 % de pectina de cacao, a₂: 25% de pectina de cacao, a₃: 50 % de pectina de cacao, a₄: 75% de cacao y a₅: 100% de pectina de cacao.

Tabla 5. Factor A, a aplicar en el desarrollo del producto.

Factor A: Porcentaje de sustitución de pectina comercial por pectina de cáscara de cacao.	0%	a1	0,0 g de Pectina de Cacao 5 g de Pectina Comercial
	25%	a2	1,25 g de Pectina de cacao 3,75 g de Pectina Comercial
	50%	a3	2,5 g de Pectina de cacao 2,5 g de Pectina Comercial
	75%	a4	3,75 g de Pectina de cacao 1,25 g de Pectina Comercial
	100%	a5	5 g de Pectina de cacao 0 g de Pectina Comercial

3.4.7. Formulación

La formulación del producto, según se describe en la Sección 2.1 de la normativa INEN 2825-2013-11, establece que el producto debe contener al menos un 30% de fruta como ingrediente y puede utilizar una proporción de azúcar y pulpa de fruta similar. Además, se ajustó el porcentaje de pectina en función de la cantidad utilizada en la fabricación de mermeladas comerciales. Normalmente, la pectina comercial tiene la capacidad de gelificar 150 g de azúcar por cada gramo de pectina. Por ejemplo, para una mermelada que requiere 4.05 kg de azúcar, se necesitarían aproximadamente 27 g de pectina. Sin embargo, para la mermelada de chilacuan, que tiene una estructura y comportamiento similar a la papaya según Navarrete (2023), se sugiere una fórmula que incluya 496 g de pulpa, 496 g de azúcar, 4 g de ácido cítrico y 4 g de pectina comercial. Debido a las diferencias en la consistencia del chilacuan y la pectina utilizada, se aumentó la cantidad de pectina a 5 g en esta formulación.

Tabla 6 Descripción de los ingredientes del producto, respecto a cada nivel en los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Código	Descripción
1	a ₁	Pectina 0%, Chilacuán; azúcar; ácido cítrico; benzoato de sodio
2	a ₂	Pectina 25%, Chilacuán; azúcar; ácido cítrico; benzoato de sodio
3	a ₃	Pectina 50%, Chilacuán; azúcar; ácido cítrico; benzoato de sodio
4	a ₄	Pectina 75%, Chilacuán; azúcar; ácido cítrico; benzoato de sodio
5	a ₅	Pectina 100%, Chilacuán; azúcar; ácido cítrico; benzoato de sodio

Nota: pectina 0%, significa 0% de sustitución de pectina comercial por pectina de cacao en base a 5 g, el chilacuán 494,5 g; azúcar 494,5 g; ácido cítrico 5 g y sorbato de potasio 1 g, en base a 1000 g.

3.5. Consideraciones Bioéticas

Según la Comisión Nacional de Bioética en Salud (CNBS), en concordancia con el Artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, se reconoce el derecho de la población a vivir en un entorno saludable y ecológicamente equilibrado, que asegure la sostenibilidad y el buen vivir, conocido como *sumak kawsay*. Este reconocimiento declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético nacional, así como la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (CNBS, 2014).

La Constitución ecuatoriana también establece varios mandatos relacionados con el material genético. En el Artículo 57, literal 12, se garantiza el derecho de mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos, incluyendo ciencias, tecnología y saberes ancestrales, así como los recursos genéticos que albergan la diversidad biológica y agrobiodiversidad, incluyendo medicinas y prácticas de medicina tradicional. Además, en el Artículo 66, literal d, se prohíbe el uso de material genético y la experimentación científica que vayan en contra de los derechos humanos. Por otro lado, el Artículo 322 prohíbe la apropiación de recursos genéticos que contengan biodiversidad y agrobiodiversidad (PRONAGE, 2013).

En relación con la ley orgánica de la salud, específicamente en el Artículo 207, se establece que la investigación científica en salud y el desarrollo de biotecnología deben estar orientados hacia las prioridades y necesidades nacionales, respetando principios bioéticos y con enfoques pluriculturales, de derechos y de género, incorporando medicinas tradicionales y alternativas.

En este contexto, se cumple con las normativas que prohíben el uso de tecnologías y agentes biológicos que puedan ser nocivos experimentalmente, así como organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana. En el presente estudio no se utilizarán nuevas variedades de frutas; más bien, se empleará una variedad no comercializada que frecuentemente se desecha debido a caídas provocadas por el cambio climático o el manejo deficiente por parte de los agricultores. Esto no solo evita daños a la flora y fauna de Ecuador, sino que también defiende la vida y el medio ambiente al procesar estos frutos para consumo.

Además, conforme a la ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre, se respeta el patrimonio forestal del Estado, preservando los ecosistemas naturales que tienen valor científico y contribuyen a la conservación del medio ambiente y las especies de flora y fauna.

Por último, según la FAO, millones de personas en el mundo sufren de malnutrición crónica y hambre. Este proyecto de investigación busca contribuir a mitigar el hambre mediante el uso de residuos para generar nuevos aditivos y productos alimentarios, con miras a futuras aplicaciones a escala de laboratorio e industrial (FAO, 2023).

CAPÍTULO IV

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de la extracción de pectina de cáscara de cacao.

4.1.1. Resultados de pectina de cáscara de cacao.

Rendimiento

Se realizaron varios ensayos a escala de laboratorio para la obtención de pectina de cáscara de cacao.

En la tabla 7 se indica el porcentaje de pectina extraída a partir de un total de 14 ensayos, los mismos que están diferenciados por los distintos porcentajes de cáscara de cacao utilizados en la extracción de pectina con sus respectivas réplicas, obteniendo así un porcentaje promedio de 4.27%. Al analizar los rendimientos de pectina en la tabla 7, se determina una variabilidad entre los ensayos, debido a la cantidad de cascara de cacao utilizada, por ejemplo, el rendimiento oscila entre 2.87% (ensayo 1 con 50g de cascara de caco) y 5.80% (ensayo 3 con 125g de cascara de cacao).

Tabla 7 Rendimientos de pectina obtenidos en cada ensayo.

Ensayo	Cáscara de cacao (g)	Pectina seca (g)	Rendimiento (%)
1	50	1.4354	2.8708
2	100	2.8374	2.8374
3	125	7.2499	5.79992
4	125	6.1996	4.95968
5	125	5.5463	4.43704
6	125	5.7773	4.62184
7	125	4.8437	3.87496
8	125	4.5447	3.63576
9	125	5.9572	4.76576
10	125	4.9816	3.98528
11	125	4.8764	3.90112
12	125	6.0839	4.86712
13	125	3.8809	3.10472
14	125	6.2651	5.01208
TOTAL	1650	70.4794	4.27148 ±0.7993

Se calculó el rendimiento para la cantidad de pectina obtenida totalmente:

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{Pectina seca (g)}}{\text{Peso de cáscara de cacao fresca (g)}} * 100\% \quad (17)$$

En base a los datos obtenidos de la tabla 9 se determina:

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{70.4794 \text{ g}}{1650 \text{ g}} * 100\%$$

$$\% \text{ de Rendimiento} = 4.27148\%$$

4.1.2. Características fisicoquímicas de la pectina

Humedad

La concentración de humedad encontrada en la pectina fue del 7,11%. Según un estudio previo realizado por Cabarcas et al. (2012) sobre la extracción de pectina a partir de cáscaras de plátano, se obtuvieron valores de humedad entre el 1% y el 12% en cuatro tratamientos distintos. Estos resultados guardan similitud con los obtenidos en este estudio, dado que el contenido de humedad fue del 7,11%. El valor obtenido se encuentra óptimo para ser aplicado industrialmente debido a que ayuda a mantener su calidad y estabilidad sin verse alteradas sus características, por lo que un contenido de humedad superior al 10% podría afectar negativamente la conservación y funcionalidad de la pectina.

Tabla 8 Humedad de pectina

	Cantidad en gramos (g)
Peso inicial del crisol	91.5080
Peso del crisol con la muestra (pectina) después del secado en gramos.	94.3032
Peso de la muestra	3.0093

$$\text{Contenido de humedad en la muestra (\%)} = \frac{s - (W_1 - W_0)}{s} * 100 \quad (18)$$

$$\text{Contenido de humedad en la muestra (\%)} = \frac{3,0093 - (94,3032 - 91,5080)}{3,0093} * 100$$

$$\text{Contenido de humedad en la muestra (\%)} = 7,11\%$$

Cenizas

En el estudio, se encontró que el contenido de cenizas de la pectina fue del 7,83%, valor comparable al rango obtenido por Ferreira (2007) en su investigación sobre la extracción de pectina de residuos de la industrialización de naranja mediante hidrólisis ácida, donde los

valores oscilaron entre 6,95% y 12,88% para el contenido de cenizas. Si la cantidad de cenizas supera el 10% se puede ver afectada la capacidad de gelificación de la pectina afectando su funcionalidad en aplicaciones alimentarias.

Tabla 9 Cenizas pectina de caco

	Cantidad en gramos (g)
Peso de crisol + cenizas	91.8998
Peso del crisol	91.5076
Peso de la muestra	5.0071

$$Cenizas (\%) = \frac{P_1 - P_0}{P_m} * 100 \quad (19)$$

$$Cenizas (\%) = \frac{91,8998 - 91,5076}{5,0071} * 100$$

$$Cenizas (\%) = 7,83\%$$

Peso Equivalente

El cálculo del peso equivalente se realizó a partir de la ecuación 20 en la titulación se obtuvo 1406,72 mg/ mEq. Este valor se encuentra dentro de los estándares de calidad para pectinas y cumple con las especificaciones requeridas para su uso en la industria alimentaria, sin embargo un peso equivalente más bajo podría indicar una mayor pureza y funcionalidad de la pectina, lo que sugiere que se debe evaluar si este valor

Tabla 10 Peso equivalente pectina

	Cantidad
Volumen gastado de NaOH (mL)	3,57
Equivalente de NaOH (-)	40
Concentración de NaOH (N)	0,1

$$Peso\ equivalente = \frac{mg\ componente\ ácido}{meq\ NaOH} \quad (20)$$

$$3,57\ mL * \frac{L}{1000\ mL} = 3,57 * 10^{-3}L$$

$$\# de\ Equivalentes\ NaOH\ gastado = \frac{masa\ soluto}{Equivalente\ de\ NaOH}$$

$$Normalidad = \frac{\# de\ Equivalentes\ NaOH\ gastado}{Volumen\ gastado\ de\ NaOH}$$

$$masa\ soluto = Normalidad * Volumen\ gastado * Equivalente\ de\ NaOH$$

$$masa\ soluto = 0,1N * 3,57 * 10^{-3}L * 40 = 0,01428\ g$$

$$\# \text{ de Equivalentes NaOH gastado} = \frac{0,01428}{40} = 3,57 \times 10^{-4}$$

$$\text{Peso equivalente} = \frac{502,2 \text{ mg}}{0,357 \text{ mEq}}$$

$$\text{Peso equivalente} = 1406,72 \text{ mg/mEq}$$

Acidez Libre

El cálculo de acidez libre se realizó mediante la ecuación 4.

$$\text{Ácido Libre} = \frac{\text{meq.NaOH}}{\text{g componete ácido}} \quad (21)$$

$$\text{Ácido Libre} = \frac{0,357 \text{ mEq}}{0,5022 \text{ g}}$$

$$\text{Ácido Libre} = 0,71 \text{ mEq/g}$$

El resultado para acidez libre fue 0,71 mEq/g.

Porcentaje de Metoxilo

El porcentaje de metoxilo se determinó mediante la ecuación 14.

Tabla 11 Porcentaje de metoxilo

	Cantidad
Volumen gastado de NaOH (mL)	12,73
Equivalente de NaOH (--)	40
Concentración de NaOH (N)	0,1

$$\% \text{ Metoxilo (Me)} = \frac{\text{meq} * 31 * 100}{\text{mg componente ácido}} \quad (22)$$

$$12,73 \text{ mL} * \frac{L}{1000 \text{ mL}} = 1,273 \times 10^{-2} L$$

$$\# \text{ de Equivalentes NaOH gastado} = \frac{\text{masa soluto}}{\text{Equivalente de NaOH}}$$

$$\text{Normalidad} = \frac{\# \text{ de Equivalentes NaOH gastado}}{\text{Volumen gastado de NaOH}}$$

$$\text{masa soluto} = \text{Normalidad} * \text{Volumen gastado} * \text{Equivalente de NaOH}$$

$$\text{masa soluto} = 0,1N * 1,273 \times 10^{-2} L * 40 = 0,05092 \text{ g}$$

$$\# \text{ de Equivalentes NaOH gastado} = \frac{0,05092}{40} = 1,273 \times 10^{-3}$$

$$\% \text{ Metoxilo (Me)} = \frac{1,273 * 31 * 100}{502,2}$$

$$\% \text{ Metoxilo (Me)} = 7,86\%$$

El 7,86% de metoxilo indica que la pectina tiene un alto grado de esterificación, según Paredes et al. (2015), quienes definen como alto grado de esterificación a las pectinas que tienen entre 6 y 7% de metoxilo.

Grado de Esterificación

En la ecuación 6 se describe el nivel de esterificación de la pectina obtenida de cáscaras de cacao, el cual se determinó como 78,10%. Según Campo et al. (2016), en su estudio sobre la extracción de pectina de maracuyá, se establece que una pectina con un grado de esterificación superior al 70% es adecuada para la formación de geles firmes.

$$\% \text{ Grado de Esterificación } (Ge) = \frac{meq B}{meq A + meq B} * 100 \quad (23)$$

$$\% \text{ Grado de Esterificación } (Ge) = \frac{1,273}{0,357 + 1,273} * 100$$

$$\% \text{ Grado de Esterificación } (Ge) = 78,10\%$$

Ácido galacturónico

En la obtención de pectina de cáscara de cacao se determinó el porcentaje de ácido anhídrido galacturónico mediante la ecuación 7, obteniéndose así un valor de 34,84%.

$$\%AAG = \frac{175 * 100 - (meq A + meq B)}{mg \text{ componente ácido}} \quad (24)$$

$$\%AAG = \frac{175 * 100 - (0,357 + 1,273)}{502,2}$$

$$\%AAG = 34,84\%$$

4.1.3 Resultados de la elaboración de mermelada de chilacuan

Los resultados obtenidos de la formulación de mermelada de chilacuan se presentan a continuación.

Análisis fisicoquímicos

Pruebas de Normalidad para parámetros físicos de la mermelada de chilacuán.

La tabla 12 presenta los resultados de pruebas realizadas para evaluar si °Brix, pH y Viscosidad pueden ser descritos adecuadamente por una distribución normal. La prueba de Shapiro-Wilk compara los cuartiles de la distribución normal ajustada a los datos.

Tabla 12 Pruebas de Normalidad para parámetros físicos de la mermelada de chilacuán.

Valor-P

	Estadístico W de Shapiro-Wilk	Kolmogorov-Smirnov
°Brix	0,074	0,826
Ph	0,055	0,318
Viscosidad	0,055	0,234

Debido a que el valor-P del estadístico W de Shapiro-Wilk es de 0,0743 y de Kolmogorov-Smirnov es de 0,826666 es mayor a 0,05, no se puede rechazar la idea de que los grados Brix proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Los resultados de las pruebas de normalidad para los parámetros físicos (°Brix, pH y viscosidad) indican que todos los valores de p son mayores a 0.05, estableciendo que estos parámetros pueden ser descritos por una distribución normal. Sin embargo, el valor-P del estadístico W de Shapiro-Wilk para °Brix es de 0.0743, encontrándose cerca del límite de significancia, esto podría indicar que la normalidad no se sostiene firmemente.

pH mermelada de chilacuan

En la tabla 13 se muestran los resultados obtenidos del pH de todos los tratamientos de la mermelada de chilacuan.

Tabla 13 Anova para pH de mermelada de chilacuan por tratamientos.

Tratamiento	Media (SD)	Valor de <i>p</i>
T1	3,473±0,021	0,0009
T2	3,447±0,005	
T3	3,463±0,005	
T4	3,49±0	
T5	3,497±0,021	

Se observa que el valor-P obtenido de la prueba-F es inferior a 0,05, lo cual indica que hay una diferencia estadísticamente significativa en las medias de pH entre diferentes niveles de tratamientos, con un nivel de confianza del 95,0%.

En la tabla 13, se observa que todos los tratamientos oscilan entre un pH de 3.44 y 3.49. En este caso el tratamiento que ayuda a la prevención del crecimiento bacteriano y de mohos es el T2, debido a que tiene un pH más bajo y los microorganismos no se desarrollan en un ambiente ácido, siendo esto esencial para que la mermelada tenga una vida útil más larga y sea segura para el consumo. Una mermelada con un pH < 2,8 puede resultar en una textura no deseada, lo que podría comprometer la calidad y estabilidad del producto final.

Tabla 14 Prueba de múltiples rangos para pH por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	X
<i>T3</i>	XX
<i>T1</i>	XXX
<i>T4</i>	XX
<i>T5</i>	X

Mediante la Prueba de Múltiples Rangos, la tabla 14 muestra qué medias son significativamente distintas entre sí, dividiendo los resultados en tres grupos homogéneos basados en la alineación de las variables X's en las columnas correspondientes. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles que comparten la misma columna de variables X's. El método utilizado para diferenciar las medias es actualmente el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey, el cual indica que hay diferencias significativas entre las medias de los tratamientos T2-T4, T2-T5 y T3-T5

° **Brix mermelada de chilacuan**

En la tabla 15 se indican los resultados obtenidos de °Brix de la mermelada de chilacuan.

Tabla 15 Anova para °Brix de mermelada de chilacuan por tratamientos.

Tratamiento	Media (SD)	Valor de <i>p</i>
T1	70,433±0,208	0,0000
T2	65,033±0,058	
T3	66,837±0,040	
T4	75,1±0,1	
T5	69,3±0,2	

Los resultados presentados en la tabla 15 para °Brix muestran un valor de *p* de 0,0000, que es menor que 0,05, indicando una diferencia significativa en la media de °Brix entre un nivel de tratamiento y otro.

Los resultados de °Brix en la tabla 15 muestran diferencias significativas entre los tratamientos, especialmente entre T1 y T4, donde T4 presenta el mayor contenido de sólidos solubles (75.1). La norma INEN 419 establece un valor mínimo de 65 °Brix como requisito específico para la producción de mermeladas, y aunque todos los tratamientos cumplen con

este requisito, las diferencias en °Brix afectan la percepción sensorial del producto. Un contenido de sólidos solubles demasiado alto puede resultar en una mermelada que no se percibe equilibrada en sabor y textura.

Tabla 16 Prueba de múltiples rangos para °Brix por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	X
<i>T3</i>	X
<i>T5</i>	X
<i>T1</i>	X
<i>T4</i>	X

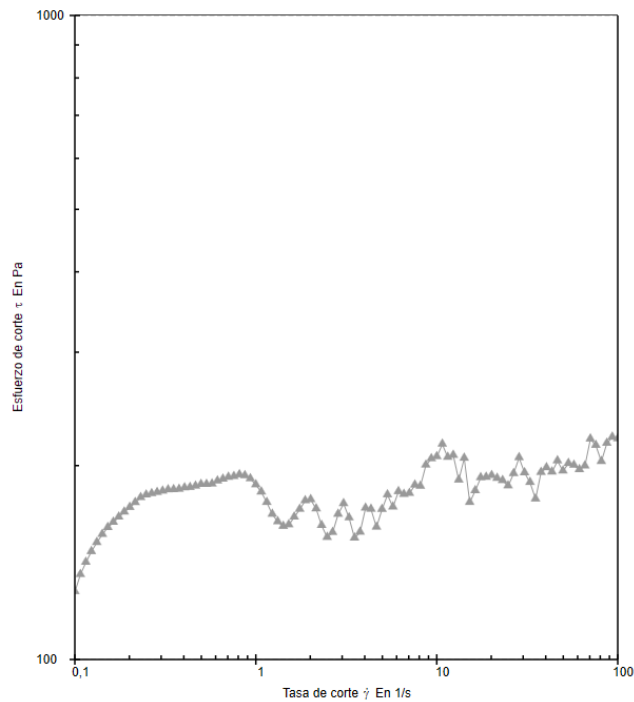
Según la tabla 16, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles que comparten una misma columna de X's. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T1-T2, T1-T3, T1-T4, T1-T5, T2-T3, T2-T4, T2-T5, T3-T4, T3-T5 y T4-T5. Además, el tratamiento 4 mostró niveles más altos de sólidos solubles. Todas las medias para el contenido de °Brix de los tratamientos cumplen con los requisitos establecidos en la norma INEN 419 para la producción de mermeladas de frutas.

4.1.4. Resultados reológicos de la elaboración de la mermelada

Tratamiento 1

Los gráficos siguientes presentan los resultados del análisis reológico, enfocándose en cómo varía el esfuerzo con la velocidad de corte (Figura 5) y cómo se relaciona la viscosidad con la velocidad de corte (Figura 7), ilustrando el comportamiento de la mermelada.

Figura 5 Esfuerzo de corte versus tasa de corte para el tratamiento 1



De acuerdo a los resultados del tratamiento 1, se aplicó el modelo de la Ley de Potencia o el modelo de Ostwald de Waele. El cual describe la relación entre el esfuerzo cortante (τ) y la velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) en un fluido viscoso, tal como se ilustra en la ecuación:

$$\tau = \kappa \cdot \dot{\gamma}^n$$

$$\tau = 126,05 \dot{\gamma}^{0,0054}$$
(25)

Donde:

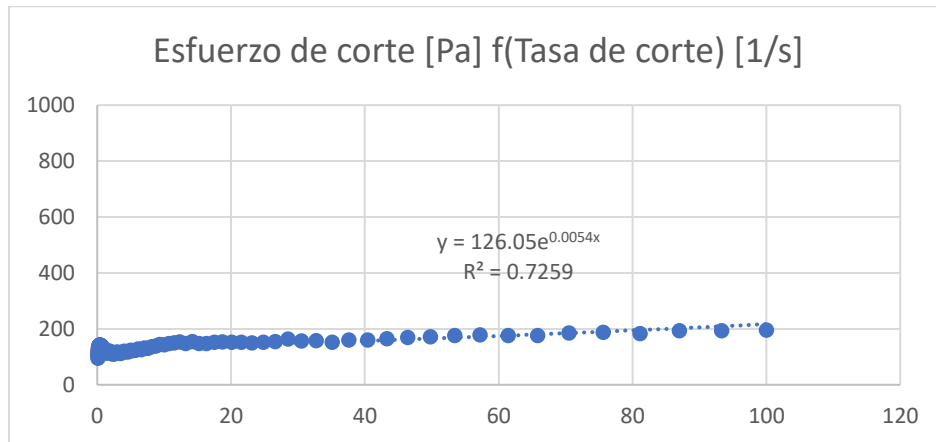
τ = Esfuerzo de corte

$\dot{\gamma}$ = velocidad de deformación

κ = índice de consistencia.

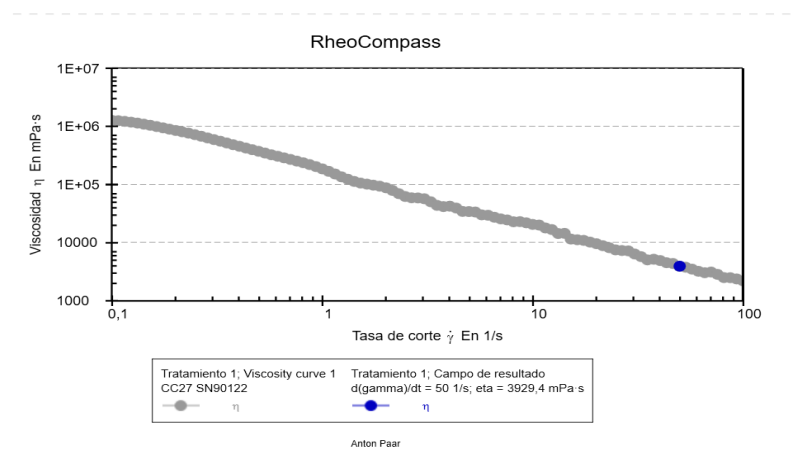
n = índice del flujo n está entre 0 y 1 se determinar qué tipo de fluido.

Figura 6 Esfuerzo de corte en función de la tasa de corte.



Determinando que el fluido se comporta igual que un pseudoplástico porque su valor n es menor que 1

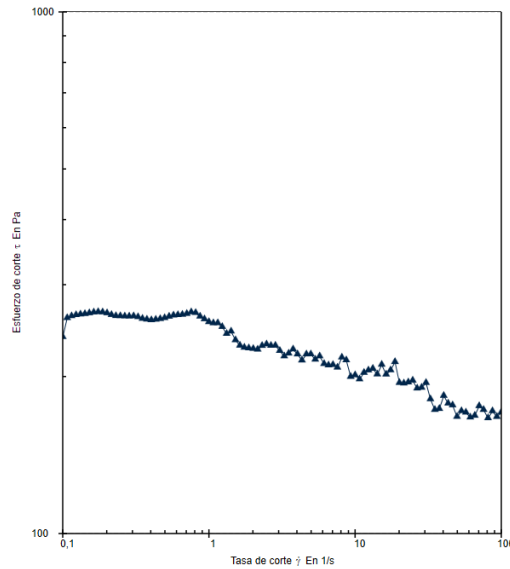
Figura 7 Viscosidad en función de tasa de corte



En la Figura 7, se observa que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la tasa de corte, resultando en una viscosidad relativa de 3929,4 mPa·s.

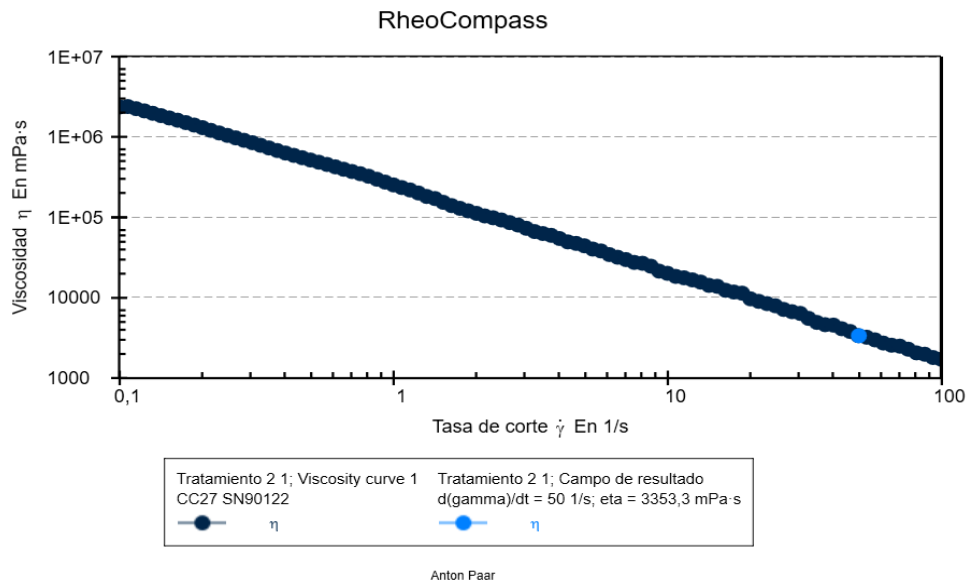
Tratamiento 2

Figura 8 Esfuerzo de corte en función de la tasa de corte para el tratamiento 2



En la figura 8 se observa una disminución de la viscosidad a medida que va aumentando la velocidad de corte y se aplicó el siguiente modelo matemático.

Figura 9 Viscosidad f(tasa de corte) para el tratamiento 2



$$\tau = \kappa \cdot \dot{\gamma}^n$$

$$\tau = 130,23 \cdot \dot{\gamma}^{0,001}$$

(26)

Se concluye que presenta un comportamiento pseudoplástico porque n es menor que 1

En relación con la variación de la viscosidad vs la tasa de corte, se observa que disminuye la viscosidad y aumenta la velocidad de corte, típico de los fluidos pseudoplásticos, con una viscosidad de 3353,3 m.Pa.s

Tratamiento 3

Figura 10 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 3

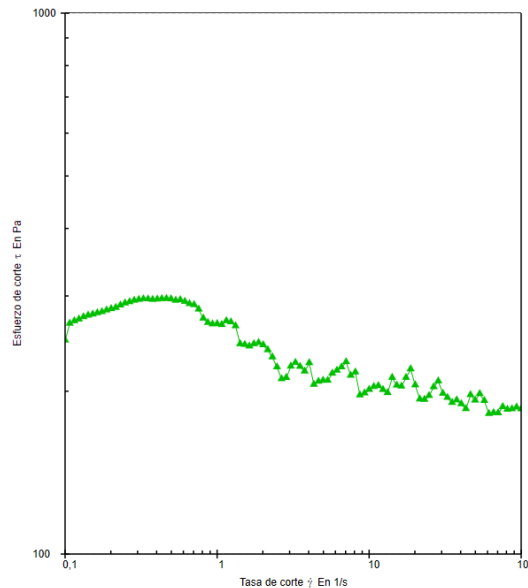
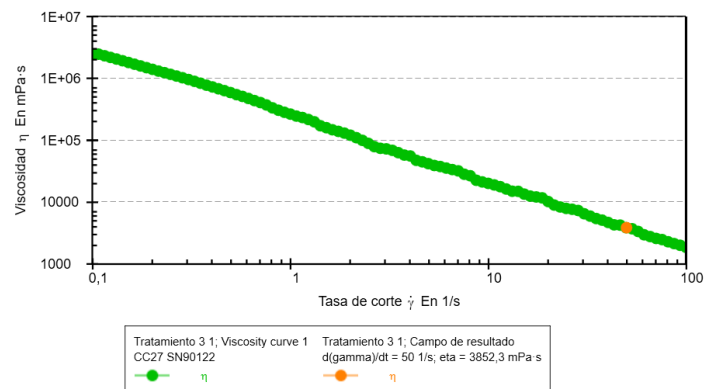


Figura 11 Viscosidad f (tasa de corte) para el tratamiento 3



$$t = K \cdot \gamma^n$$

$$t = 135,47 \cdot \gamma^{0,0019}$$

(27)

Se determina que es un flujo pseudoplástico porque el valor de n es menor que 1. En respecto a la viscosidad y la tasa de corte, se puede observar en la figura 11. Con una viscosidad relativa de 3852,3m.Pa.s

Tratamiento 4

Figura 12 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 4

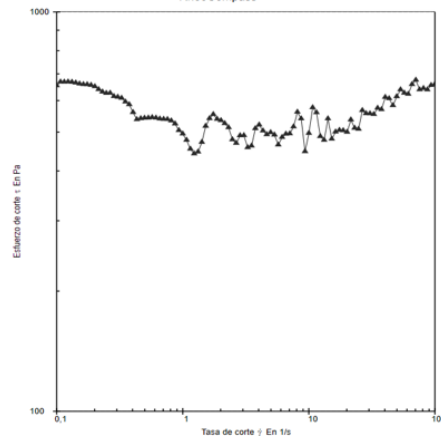
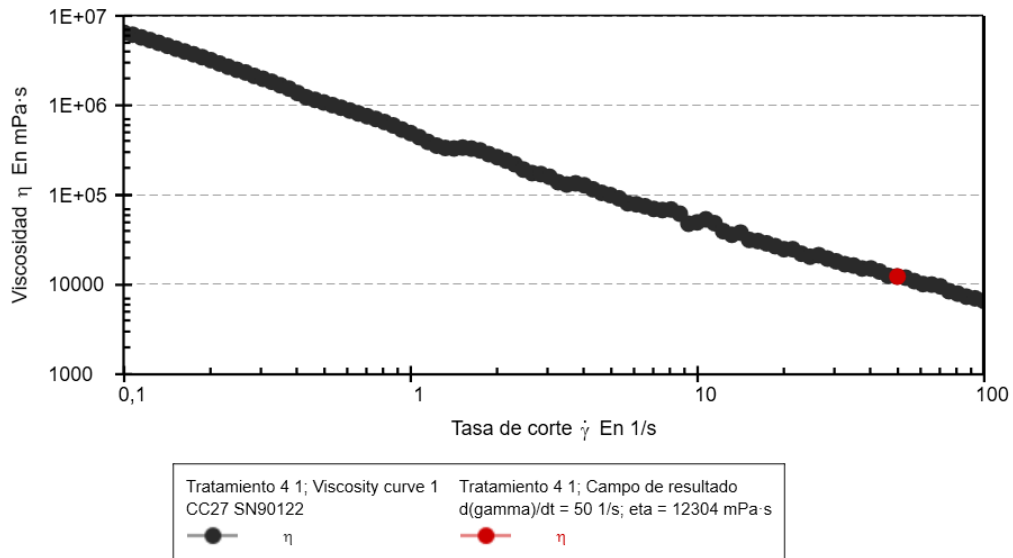


Figura 13 Viscosidad f (tasa de corte) para el tratamiento 4



$$t = K \cdot \gamma^n$$

$$t = 305,2 \cdot \gamma^{0,008} \quad (28)$$

El valor de n es menor que 1, el cual determina que es un flujo pseudoplástico.

En la figura 13 en relación viscosidad y la tasa de corte, se evidencia una viscosidad relativa de 12304m.Pa. s

Tratamiento 5

Figura 14 Esfuerzo de corte en función de tasa de corte para el tratamiento 5

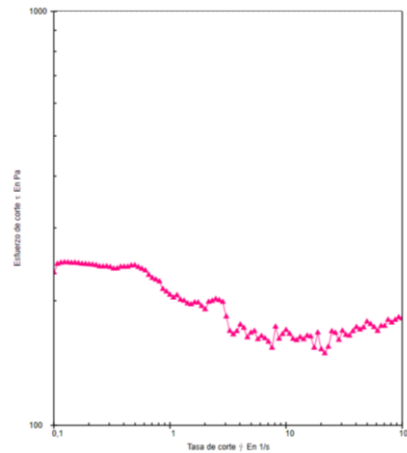
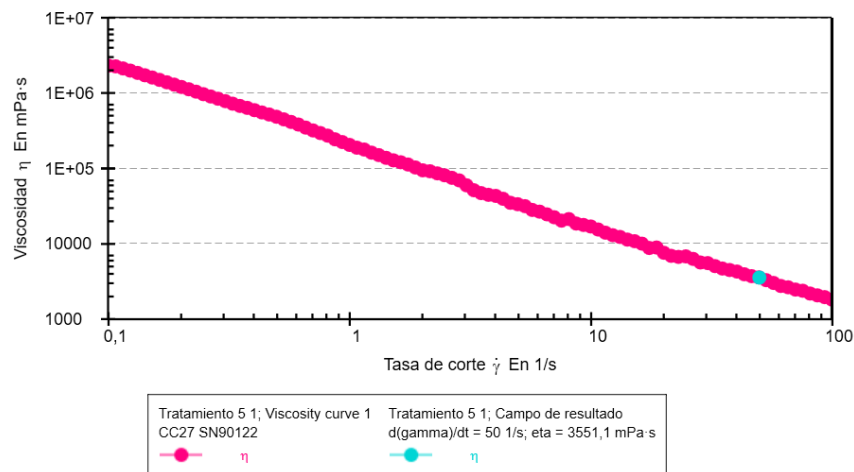


Figura 15 Viscosidad f (tasa de corte) para el tratamiento 5



$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

$$\tau = 113,91 \cdot \dot{\gamma}^{0,0037} \quad (29)$$

El valor de n es menor que 1, el cual determina que es un flujo pseudoplástico.

En la figura 15 en relación viscosidad y la tasa de corte, se evidencia una viscosidad relativa 3551,1m.Pa. s

Viscosidad de la Mermelada de Chilacuan.

En la tabla 17 se indican los resultados obtenidos de Viscosidad de la mermelada de chilacuan.

Tabla 17. Anova para Viscosidad de mermelada de chilacuan por tratamientos.

Tratamiento	Media (SD)	Valor de <i>p</i>
T1	3419,77±548,729	0,0001
T2	2749,07±551,499	
T3	2985,53±759,652	
T4	9653,17±2301,03	
T5	2854,63±603,845	

Los resultados mostrados en la tabla 17 para Viscosidad indican el valor de *p* de 0,0001 que en este caso es menor que 0,05; existiendo diferencia significativa entre la media de Viscosidad entre un nivel de tratamiento y otro.

Tabla 18 Prueba de múltiples rangos para Viscosidad por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	X
<i>T3</i>	X
<i>T5</i>	X
<i>T1</i>	X
<i>T4</i>	X

Método: 95,0 % Tukey HSD.

La tabla 18, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X's. Entre los tratamientos T1-T4, T2-T4, T3-T4 y T5-T4 comparten diferencias estadísticamente significativas. Además, el tratamiento 4 obtuvo la mayor viscosidad.

Análisis sensorial

Se aplicó una prueba de aceptación a un grupo de 61 jueces sin experiencia previa. La evaluación incluyó cinco aspectos: color, aroma, gusto, textura y aceptación general.

Color

En las tablas 19 y 20 se indican los resultados obtenidos en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro color.

Tabla 19. Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	Rango Promedio	Valor de p
T1	155,29	0,0087
T2	123,89	
T3	145,90	
T4	175,28	
T5	164,65	

Los resultados obtenidos del análisis estadístico con un valor p menor a 0,05 permiten rechazar la hipótesis nula indicando así que existe diferencia significativa entre al menos un tratamiento y otro.

Para el parámetro color, el tratamiento cuatro (75% sustitución de pectina comercial) obtuvo el mayor rango promedio (175,28) siendo estadísticamente igual a los tratamientos uno (0% sustitución de pectina comercial) y cinco (100% sustitución de pectina comercial). El tratamiento dos (25% sustitución de pectina comercial) obtuvo el menor rango promedio (123.89), siendo estadísticamente igual al tratamiento tres (50% sustitución de pectina comercial).

Tabla 20 Prueba de comparación entre pares para el Color por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	A
<i>T3</i>	AB
<i>T1</i>	B
<i>T5</i>	B
<i>T4</i>	B

Según la tabla 20, no hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles que tienen la misma letra asignada. Los tratamientos 2 y 3 son estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes a los tratamientos 1, 5 y 4. Además los tratamientos 3, 1,5 y 4 comparten letra en común indicando que no tienen diferencia significativa.

Olor

En la tabla 21 y tabla 22 se indican los resultados obtenidos en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro olor.

Tabla 21. Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	Rango Promedio	Valor de p
T1	142,70	0,0090
T2	137,89	
T3	185,77	
T4	156,33	
T5	142,31	

En la tabla 21 se identifica un valor p de 0,0090 existiendo una diferencia significativa entre al menos un tratamiento y otro.

Para el parámetro olor, el tratamiento tres (50% sustitución de pectina comercial) obtuvo el mayor rango promedio (185,77) siendo estadísticamente igual al tratamiento 4 (75% sustitución de pectina comercial). El tratamiento dos (25% sustitución de pectina comercial) obtuvo el menor rango promedio (137,89), siendo estadísticamente igual al tratamiento 5 (100% sustitución de pectina comercial), 1 (0% sustitución de pectina comercial) y 4 (75% sustitución de pectina comercial).

Tabla 22 Prueba de comparación entre pares para el Olor por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	A
<i>T5</i>	A
<i>T1</i>	A
<i>T4</i>	AB
<i>T3</i>	B

La tabla 22, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una letra común. Los tratamientos 2, 5, 1 y 4 son estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes al tratamiento 3. Además, los tratamientos 3 y 4 comparten letra en común indicando que no tienen diferencia significativa.

Sabor

En la tabla 23 y 24 se indican los resultados obtenidos en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro sabor.

Tabla 23 Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	Rango Promedio	Valor de p
T1	157,89	0,0013
T2	119,60	
T3	172,22	
T4	171,90	
T5	143,39	

La tabla 23 indica los resultados estadísticos para el parámetro sabor, obteniendo un p valor 0,0013 indicando que existe una diferencia significativa entre al menos un tratamiento y otro, con un nivel del 95% de confianza.

Para el parámetro sabor, el tratamiento tres (50% sustitución de pectina comercial) obtuvo el mayor rango promedio (172,22) siendo estadísticamente igual al tratamiento 4 (75% sustitución de pectina comercial), tratamiento 1 (0% sustitución de pectina comercial) y tratamiento 5 (100% sustitución de pectina comercial) con un rango promedio de (171,90, 157,89, 143,39) respectivamente. El tratamiento dos (25% sustitución de pectina comercial) obtuvo el menor rango promedio (119,60).

Tabla 24 Prueba de comparación entre pares para el Sabor por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	A
<i>T5</i>	AB
<i>T1</i>	B
<i>T4</i>	B
<i>T3</i>	B

La tabla 24, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una letra común. Los tratamientos 5,1,4 y 3 son estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes al tratamiento 2. Además, el tratamiento 2 tiene el menor rango promedio (119,60) y no tiene diferencia significativa con el tratamiento 5.

Consistencia

En la tabla 25 se indican los resultados obtenidos en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro consistencia.

Tabla 25 Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	Rango Promedio	Valor de p
T1	134,89	0,0112
T2	141,52	
T3	151,86	
T4	184,34	
T5	152,39	

En la tabla 25 se muestran los resultados estadísticos para la característica sensorial sabor, obteniendo un p valor 0,0112 indicando que existe una diferencia significativa entre al menos un tratamiento y otro, con un nivel del 95% de confianza.

Para el parámetro consistencia, el tratamiento cuatro (75% sustitución de pectina comercial) obtuvo el mayor rango promedio (184,34) y el tratamiento 1 (0% sustitución de pectina comercial) tiene el menor rango promedio (134,89).

Tabla 26 Prueba de comparación entre pares para la consistencia por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T1</i>	X
<i>T2</i>	X
<i>T3</i>	X
<i>T5</i>	X
<i>T4</i>	X

La tabla 26, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una letra común. Los tratamientos 3.2.1 y 5 son estadísticamente iguales, pero estadísticamente diferentes al tratamiento 4.

Aceptación global

En la tabla 27 y 28 se indican los resultados obtenidos en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro aceptación global.

Tabla 27 Prueba de Kruskal Wallis

Tratamiento	Media (SD)	Valor de p
T1	131,93	0,0001
T2	120,68	
T3	168,61	
T4	192,75	
T5	151,03	

La tabla 27 indica los resultados los resultados estadísticos para la característica sensorial aceptabilidad global, obteniendo un valor p de 0,0001, por tanto, existe una diferencia significativa entre al menos un tratamiento y otro, con un nivel del del 95% de confianza.

Tabla 28 Prueba de comparación entre pares para la aceptabilidad global por Tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
<i>T2</i>	A
<i>T1</i>	A
<i>T5</i>	AB
<i>T3</i>	BC
<i>T4</i>	C

La tabla 28, indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que comparten una misma columna de X's. Entre los tratamientos T1-T3, T1-T4, T2-T3, T2-T4 y T4-T5 comparten diferencias estadísticamente significativas.

Mejor tratamiento

En la tabla 29 se muestran los resultados del mejor tratamiento respecto al rango promedio de cada tratamiento.

Tabla 29 Rango promedio de todos los parámetros para determinar cuál es el mejor tratamiento para la mermelada de chilacuan.

Tratamiento	Rango Promedio
T1	144,54
T2	128,72
T3	164,87
T4	176,12
T5	150,75

La tabla 29 señala el Tratamiento 4 (75% de sustitución de pectina comercial por pectina de cáscara de cacao) con un mayor rango promedio de (176,12), permitiendo determinar que el mejor tratamiento por parte de los jueces no entrenados fue el tratamiento 4.

Análisis microbiológico

Los parámetros utilizados para el análisis microbiológico están especificados en la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 419.

Tabla 30 Requisitos microbiológicos

Parámetro	Unidad	Norma NTE INEN 1338	Resultados
		Valor máximo	
Recuento de <i>mohos</i>	UFC/g	30	<10 UFC/g
Recuento de levaduras	UFC/g	30	<10 UFC/g

El análisis microbiológico del tratamiento 4 mostró que, según la tabla 30, la mermelada cumple con los estándares de seguridad microbiológica establecidos en la norma INEN 0419 para mermeladas de frutas, asegurando su inocuidad para el consumo humano.

4.2 Discusión

4.2.1 Discusión de la pectina de cáscara de cacao

Rendimiento

Se investigó cómo el uso de pectina extraída de cáscara de cacao influye en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la mermelada de chilacuán. Se confirmó que la pectina se extrae mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico, ajustando el pH a 2.5 durante 40 minutos.

Se obtuvo un rendimiento aproximado de pectina del 4,27%, el cual es notablemente superior a los resultados de varios estudios revisados, esto debido a la aplicación de otros ácidos como HCL y a valores bajos de pH (2,0 y 3,0) respecto a las hidrólisis realizadas con ácido cítrico, de igual modo el tiempo de calentamiento de la solución ácida puede afectar el rendimiento de la pectina. Por ejemplo, Rodríguez et al. (2023) reportaron un rendimiento del 1,88% al extraer pectina de la cáscara de cacao mediante hidrólisis ácida utilizando HCl con condiciones de pH 2, temperatura de 90°C y 90 minutos de extracción. Otro estudio realizado por Barazarte et al. (2008) mostró rendimientos de extracción de pectina de entre el 2,64% y el 4,69% al investigar posibles fuentes comerciales de pectinas de cacao. Calderón (2017), en su investigación sobre la obtención de pectina a partir de cáscara de cacao mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico (a pH 2 por 90 minutos) y ácido clorhídrico (a pH 2 por 60

minutos), obtuvo rendimientos que oscilaron entre el 4,25% y el 10%. Además, Sosa y Ledezma (2016), en condiciones similares de hidrólisis ácida de cáscara de cacao, obtuvieron un rendimiento inferior al 5%.

De modo que, los resultados mostrados en la tabla 7 coinciden con lo reportado por otros investigadores, ya que el rendimiento se encuentra dentro de los rangos mencionados en diferentes estudios. A diferencia de Prieto et al. (2017), quienes obtuvieron un rendimiento de pectina del 12.46% más alto que el obtenido en este estudio, utilizando una temperatura de 95 °C durante 120 minutos. Esto sugiere que la técnica utilizada en la extracción de pectina de la cáscara de cacao presentó limitaciones, especialmente en los procesos de filtración y precipitado debido a que en la investigación mencionada anteriormente utilizaron una centrifuga con la finalidad de eliminar el pigmento presente en la solución para así obtener una pectina más limpia mientras que en la presente investigación una pequeña cantidad quedaba adherida al papel filtro cualitativo, afectando el peso total obtenido.

Además, los resultados de estos autores indican que los rendimientos elevados de pectina se lograron a temperaturas superiores a 90 °C, lo cual puede atribuirse al mayor rompimiento de los enlaces de la proto pectina debido al aumento de temperatura. Por otro lado, se observó que a pH bajo, temperatura baja y tiempos cortos se hidrolizó solo un porcentaje muy bajo de pectina, resultando en un bajo rendimiento.

Peso equivalente

En esta investigación sobre la obtención de pectina de cáscara de cacao se obtuvo un valor de 1406,72 *mg/mEq* de peso equivalente, el mismo que indica que la pectina es capaz de formar geles al comparar este resultado con otras investigaciones y con relación a factores de temperatura, tiempo y tipo de ácidos empleados. Calderón (2017), al estudiar la obtención de pectina a partir de cáscara de cacao mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico, determinó que el peso equivalente variaba entre 1470,58 *mg/mEq* y 2173,91 *mg/mEq*. Este valor está relacionado con el contenido de metoxilo y el grado de esterificación de la pectina. Valores altos de peso equivalente indican altos contenidos de metoxilo y grado de esterificación, características cruciales para que la pectina pueda formar geles al ser utilizada en la

elaboración de mermeladas. Páez et al. (2015), al estudiar la obtención de pectina de cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida, encontraron valores de peso equivalente que variaban entre 1063,5 mg/mEq y 1802,2 mg/mEq. De manera similar, Cabarcas et al. (2019), al investigar la extracción de pectina de cáscara de plátano, obtuvieron valores de peso equivalente que oscilaban entre 510 y 675 mg/mEq.

Al comparar los resultados de peso equivalente con otras extracciones se determina que están relacionados directamente con la composición química de las diferentes fuentes de extracción como es la cascara de cacao, de maracuyá y de plátano, de igual manera el uso de otros ácidos como el HCL ayuda a lograr un mayor peso equivalente y por ende a tener una mayor capacidad de formar geles. Además, las diferencias en las metodologías de extracción, como el pH, tiempo y la temperatura pueden influir en los resultados, considerándose la mejor temperatura de 90°C y pH entre 1.0 a 2.2.

Acidez libre

En el estudio de Rodríguez et al. (2023) sobre la extracción de pectina mediante la hidrólisis ácida del cacao (*Theobroma Cacao L.*) y su uso en la producción de biopelículas, se encontró que la pectina obtenida en el tratamiento 2 tenía una acidez más alta de 0,8 (mEq/g) cuando se utilizó ácido cítrico a un pH de 3,0. En el presente estudio se obtuvo un valor de 0,71 mEq/g, similar a los resultados anteriores, pero influenciado por el pH y el tipo de ácido utilizado.

Según Suárez y Marín (2019), los valores del índice de acidez encontrados en este estudio, utilizando la cáscara de cacao como materia prima, fueron similares a los reportados en estudios previos: 0,35 mEq/g en comparación con 0,20 mEq/g en el estudio de Mendoza et al. (2017).

En su estudio de 2017, Calderón investigó la obtención de pectina a partir de cáscaras de cacao mediante hidrólisis ácida usando ácido cítrico, encontrando un valor de acidez entre 0,50 y 0,6620 mEq/g.

Rodríguez et al. (2023) en el estudio sobre la extracción de pectina mediante la hidrólisis ácida del cacao (*Theobroma Cacao L.*) y su uso en la producción de biopelículas, analizó las

diferencias en las condiciones experimentales de la extracción estableciendo que el valor de la acidez libre tiene relación directamente con el pH y tipo de ácido utilizado, concluyendo que una extracción con Ácido cítrico a menor pH el valor de la acidez será mayor, mientras que una extracción con HCL a menor pH menor será la acidez.

La acidez tiene una influencia positiva en la gelificación de la pectina, ya que a menor pH, la gelificación ocurre a mayor temperatura y de forma más rápida. Esto se debe a que la reducción del pH facilita la asociación de las cadenas de pectina a través de enlaces de hidrógeno, lo cual ayuda a una formar una pectina de calidad y con estabilidad.

Porcentaje de metoxilo

Gracias a los análisis de titulación utilizados para determinar las propiedades fisicoquímicas de la pectina, se identificó que el porcentaje de metoxilo es aproximadamente de 7,85. Según Nizama (2015), la pectina puede clasificarse en alto o bajo metoxilo dependiendo de su grado de metoxilación, que se define como el número de grupos carboxílicos metoxilados por cada 100 unidades de ácido galacturónico. Un valor igual o superior al 7% se considera alto metoxilo, indicativo de una esterificación del 50%. En este contexto, la pectina obtenida en este estudio se categoriza como alta en metoxilo, lo que le permite formar geles firmes en su aplicación.

En la investigación de Cabarcas et al. (2019) sobre la extracción de pectina de cáscara de plátano, también se obtuvo una pectina de alto metoxilo con un valor de aproximadamente 7%, adecuada para aplicaciones como mermeladas, jaleas y gomas debido a su capacidad para formar geles firmes. Asimismo, Higuera (2017), al estudiar la extracción de pectina de cáscara de gulupa, encontró valores de metoxilo entre 8,56% y 10,06%, confirmando que estas pectinas son de alto metoxilo.

En contraste, Rodríguez et al. (2023) determinaron que la pectina seleccionada tenía un porcentaje de metoxilo de 2.38%, clasificándola como baja en metoxilo y propensa a la gelificación. Este fenómeno se atribuye a la maduración avanzada de la materia prima seleccionado, donde el contenido de pectinas solubles tiende a disminuir.

En resumen, los diferentes estudios coinciden en la importancia del porcentaje de metoxilo para definir las propiedades funcionales de la pectina, siendo crucial para su aplicación en diversas industrias alimentarias.

Grado de esterificación

En cuanto al grado de esterificación, se observa que es superior al 50% en las pectinas obtenidas de cáscara de cacao, indicando un alto contenido de grupos metoxilo. Calderón (2017), al estudiar la obtención de pectina mediante hidrólisis ácida de cáscara de cacao, encontró un grado de esterificación entre 81,1% y 65%, lo cual señala que la pectina extraída tenía un alto grado de esterificación. En la investigación, se obtuvo un grado de esterificación de 78,10% mayor del 50% considerándose una pectina de alto metoxilo, este valor determina la propiedad gelificante de la pectina con una adecuada para aplicación en mermeladas.

Resultados similares a los mencionados por Suárez y Marín (2019), quienes informaron que la pectina de cáscara de cacao nacional tiene un grado de esterificación del 53,13%, mientras que para la variedad CCN51 es del 58,83%, siendo este último más elevado.

En su estudio sobre la extracción de pectina de cáscara de gulupa, Higuera (2017) encontró que el grado de esterificación variaba entre 17,087% y 83,50%. Por otro lado, Bone et al. (2022) indicaron que la pectina obtenida a partir de cacao tenía un grado de esterificación entre 49,65% y 65,41%, lo cual es crucial para la velocidad de gelificación. En el presente estudio, se determinó un grado de esterificación de 78,10%, lo que implica que más de la mitad de los grupos carboxílicos de las unidades de ácido anhídrido galacturónico que conforman la cadena de pectina están esterificados con metanol.

Ácido galacturónico

Calderón (2017) exploró la producción de pectina a partir de cáscaras de cacao mediante hidrólisis ácida, encontrando un contenido que varió entre el 16,54% y el 23,58%. El estudio destaca que el porcentaje de ácido galacturónico es crucial para evaluar la pureza de la pectina, junto con el análisis de las cenizas. Por otro lado, en 2021, García y Mora

investigaron la obtención de pectina a partir de cáscaras de gulupa, obteniendo valores de ácido galacturónico de 64,40% y 59,89%, respectivamente.

En su estudio sobre la extracción de pectina a partir de cacao, Bone et al. (2022) indicaron que la pectina debe contener al menos un 65% de ácido galacturónico para ser considerada relevante en la industria alimentaria. Al comparar estos hallazgos con los resultados de nuestro estudio actual, en el que encontramos un contenido de ácido galacturónico del 34,84%, se observa que este valor se encuentra por debajo del umbral recomendado, lo que podría permitir la presencia de impurezas en la pectina obtenida. Además, la fuente de la materia prima utilizada no es tan rica en ácido galacturónico en comparación con otras frutas, como las manzanas o los cítricos, que son más abundantes en este componente. Es importante señalar que el contenido de ácido galacturónico también depende de la madurez de la fruta utilizada. En este caso, la cáscara de cacao empleada estaba bastante madura, lo que influye en el porcentaje de este componente, ya que las pectinas tienden a ser menos ricas en ácido galacturónico debido a la hidrólisis parcial de las cadenas de pectina, lo que reduce su contenido de este ácido. Además, el color observado en la pectina era de un tono café claro, lo que también podría influir en su calidad.

Humedad

En nuestro estudio, al realizar el análisis correspondiente, se encontró que el contenido de humedad de la pectina es del 7,11%. Este resultado indica que la pectina cumple con los requisitos físico-químicos establecidos por el Food Chemicals Codex (FCC) para pectinas comerciales, que especifica que el contenido de humedad debe ser igual o inferior al 12% para garantizar su conservación. Barazarte et al. (2008), al investigar posibles fuentes comerciales de pectinas

de cacao, obtuvieron un valor de humedad del 6%, recomendado para la conservación de alimentos. Por otro lado, Suárez y Marín (2019), en su estudio sobre el rendimiento de pectina de cáscara de cacao y su aplicación en mermelada de naranja, también reportaron un contenido de humedad de 7,11%.

Esto indica que nuestra pectina cumple con los estándares establecidos por estos autores, y las diferencias en los resultados entre estudios se deben a las distintas condiciones de secado

utilizadas en cada investigación, por ejemplo en la investigación realizada por Barazarte et al. (2008), el precipitado se prensó manualmente utilizando un guante de goma y se colocó en una cápsula de vidrio sometiéndose a secado en una estufa convencional a 40°C hasta peso constante de distintas variedades de cacao, mientras que Suárez y Marín (2019) realizó el mismo proceso a 40°C.

Cenizas

Según el Food Chemicals Codex (1981), se recomienda que el contenido de cenizas en la pectina no exceda el 10%. La pectina obtenida de la cáscara de cacao mostró un valor de 7,83%, el cual está dentro del rango establecido por la norma. Barazarte et al. (2008) también investigaron la extracción de pectina de la cáscara de cacao CCN-51 y encontraron que los porcentajes de cenizas en sus tratamientos oscilaron entre 7,42% y 9,76%.

En contraste, Suárez y Marín (2019) observaron un alto contenido de cenizas en la cáscara de cacao, específicamente 15,04%, al estudiar la aplicación de pectina de cáscara de cacao en mermelada de naranja. Se destacó que valores elevados de cenizas indican la presencia de minerales que deben ser identificados y cuantificados para asegurar la calidad de la mermelada. Además, se explicó que el alto contenido de cenizas se debe al proceso de clarificación y precipitación, y no se ve afectado por el pH, la temperatura o el tipo de ácido utilizados.

4.2.2 Resultados fisicoquímicos de la elaboración de mermelada de chilacuan

pH

El pH es un factor clave en varios aspectos de la calidad y seguridad del producto. Según la norma INEN 419 para mermeladas de frutas, el pH debe estar entre 2,8 y 3,5. En la tabla 12 se confirma que todos los tratamientos cumplen con los requisitos establecidos, ya que el pH máximo registrado fue de 3,49 en el tratamiento 5. El tratamiento 2, por su parte, presentó un pH de 3,45, lo que lo hace más adecuado para la prevención del crecimiento bacteriano y de mohos, factores esenciales para prolongar la vida útil de la mermelada y garantizar su

seguridad para el consumo. Cabe destacar que los demás tratamientos también presentan un pH inferior a 4,0, lo que dificulta el desarrollo de microorganismos patógenos. Estos resultados indican que la mermelada cumple con los estándares necesarios para su conservación, gelificación y estabilidad. Investigaciones previas también respaldan estos hallazgos: López et al. (2020) reportaron un pH de 3,28 para la mermelada de guayaba, mientras que Bone et al. (2022) encontraron un pH de 3,41 en su estudio sobre una mermelada de mucílago y placenta. Pinargote et al. (2020) detectaron que la mermelada de naranja tenía un pH entre 3,5 y 3,7, superando los límites establecidos por la norma. Por otro lado, Barrera et al. (2019) mencionan que las mermeladas elaboradas con pectina de alto metoxilo deben mantener un pH máximo de 3,8, según sus investigaciones.

°Brix

Según la norma INEN 419 para mermeladas de frutas, se requiere que estas contengan al menos 65 °Brix. En la tabla 13 se detallan los porcentajes de °Brix de todos los tratamientos, los cuales cumplen con esta norma. En su estudio sobre la mermelada de ciruela, Veloso et al. (2020) encontraron un contenido de °Brix entre 64 y 66, mientras que Iuit et al. (2019), en su investigación sobre mermelada de cáscara de mango, obtuvieron un valor entre 55 y 58 °Brix. Bone et al. (2022) llevaron a cabo un estudio utilizando diferentes formulaciones de mucílago y placenta del cacao en mermeladas, encontrando un alto contenido de sólidos solubles superior al 65%. Resultados similares fueron reportados por Pinargote et al. (2020) en una mermelada de naranja elaborada con pectina de cáscara de cacao, la cual también se utilizó en este estudio.

Los mayores valores de °Brix se obtuvieron en el tratamiento 4, con un total de 75,1, correspondiente a una sustitución del 75 % de la pectina comercial por pectina de cacao. Esto demuestra que la pectina de cacao contribuye a la gelificación de la mermelada, proporcionando una textura espesa y untuosa, característica de este producto. Además, favorece la formación de una estructura de gel estable. Es importante considerar en futuros estudios que, si se utiliza una cantidad suficiente de pectina de cacao, podría reducirse la necesidad de emplear grandes cantidades de azúcar para alcanzar la consistencia deseada. Aunque la pectina no cambia directamente los °Brix, permite que el azúcar interactúe de

manera más eficiente en la mermelada para lograr la textura ideal. Con suficiente pectina de cáscara de cacao, el equilibrio entre azúcar y pectina puede permitir una mejor consistencia sin necesidad de usar un exceso de azúcar, lo que puede mejorar el sabor sin hacerlo demasiado dulce, algo que se ha vuelto cada vez más importante debido a las preocupaciones por la salud y el contenido calórico de los productos.

Resultados microbiológicos

El análisis microbiológico de mermelada, es crucial para garantizar la seguridad del consumidor y cumplir la normativa sanitaria vigente. Se ejecutó el análisis microbiológico correspondiente de mohos y levaduras según la norma INEN 0419 (1988) para asegurar la inocuidad del producto final, se esterilizó el material y se procedió a realizar las 4 diluciones que se sembraron en placas añadiendo 1ml de cada dilución para luego incubarlas por 5 días a 25°C. Los resultados de este estudio se observan en la tabla 30, indicando una presencia de mohos y levaduras inferior a 10 UFC/g. La norma menciona un límite máximo de 30 UFC/g para estos microorganismos, confirmando que la mermelada es adecuada para el consumo humano al cumplir con los requisitos establecidos.

Estudios previos como el de Pinargote et al. (2020) en mermelada de naranja reportaron valores $\leq 1,0 \times 10^{-1}$ ufc/g, Inca (2023) encontró valores entre 1,80 a 2,00 UFC/g en mermelada de kiwi, ambos dentro de los límites aceptables según los estándares mencionados. Además, Álvarez et al. (2016) señalan que las mermeladas generalmente contienen menos de 30 UFC/g de mohos y levaduras debido a la destrucción casi instantánea de estos microorganismos a altas temperaturas de cocción de 90°C, lo que, junto a una buena calidad y condiciones asépticas durante la elaboración y el empaque, garantizan la inocuidad del producto final.

Bone et al. (2022) llevó a cabo un análisis microbiológico de mermeladas elaboradas con mucílago y placenta de cacao, encontrando que las muestras presentaron recuentos de mohos, levaduras y coliformes totales dentro de los límites aceptables, lo que indica la ausencia de bacterias patógenas en el producto. Comparando estos hallazgos con los de Suárez y Marín (2019) en mermelada de naranja, se obtuvieron valores bajo del rango establecido. Por ello,

un análisis microbiológico resulta esencial para detectar posibles contaminaciones que pudieran representar riesgos para la salud. Este estudio ayudó a determinar que la pectina derivada de cáscaras de cacao puede utilizarse eficazmente en la producción de mermeladas; sin embargo, se recomienda realizar un análisis microbiológico más exhaustivo que incluya la cuantificación de microorganismos patógenos, como coliformes totales, para asegurar que el producto sea inocuo y de alta calidad.

Resultados reológicos

Los resultados del análisis reológico mostraron que la mermelada elaborada con pectina de cáscara de cacao experimentó cambios en su viscosidad debido a que pertenece a la categoría de fluidos pseudoplásticos no Newtonianos. Esto significa que su viscosidad disminuye con el aumento de la velocidad de corte, careciendo así de una viscosidad definida. Además de que el valor de R^2 es menor a 0. Otros parámetros que se analizaron para determinar que son fluidos pseudoplásticos no newtonianos fue el índice de consistencia (k) y el índice de flujo (n) menor a 1.

Toribio (2018) confirmó en su estudio que las mermeladas se encuentran clasificadas dentro de los fluidos pseudoplásticos. Bazán et al. (2023), al analizar los mismos parámetros, encontraron que el porcentaje de pulpa de camu-camu y pectina añadidos afectaron las propiedades reológicas de la mermelada, demostrando también un comportamiento pseudoplástico no newtoniano típico de productos elaborados a partir de frutas como las mermeladas.

Pinargote et al. (2020) encontraron diferencias significativas en la viscosidad de la mermelada de naranja según los porcentajes de pectina de cáscara de cacao utilizados. De manera similar, en este estudio se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, destacándose el tratamiento 4 por su mayor viscosidad con un valor de 12304m.Pa.s , atribuida a una alta concentración de sólidos solubles que facilitaron una mejor gelificación. Se pudo evidenciar como el comportamiento pseudoplástico impacta la percepción sensorial del producto debido que entre mayor sea su viscosidad mayor será la estabilidad del producto final.

En contraste, Inca (2023) determinó que el mucílago de chía, al ser una pectina de bajo metoxilo, resultó en una baja viscosidad en la mermelada de kiwi, demostrando que la pectina de alto metoxilo obtenida de la cáscara de cacao es más adecuada para mejorar la viscosidad y la gelificación de las mermeladas.

Resultados sensoriales

En el estudio del sabor de la mermelada de chilacuan, se observaron diferencias estadísticamente significativas en todos los parámetros evaluados, en comparación con el rango promedio. El tratamiento T4, que consistió en una sustitución del 75% de pectina comercial por pectina de cáscara de cacao, fue el preferido por los jueces no expertos, debido a que la pectina de cáscara de cacao influyó en la textura y sabor de la mermelada jugando un papel crucial en la formación de geles, lo que a su vez puede influyó en cómo percibimos el Brix en términos de sensación en boca y calidad del producto. Además Sin embargo, el aroma de la mermelada recibió una calificación baja debido a la falta de familiaridad con la fruta.

En cuanto al pH, este resultó ser un factor favorable para el sabor del tratamiento T4, con un valor de 3.49, lo que se considera un pH adecuado para mantener el sabor de la mermelada en un nivel equilibrado. Un pH demasiado bajo, como el de los tratamientos 2 y 3, podría hacer que la mermelada resultara excesivamente ácida, especialmente teniendo en cuenta las características organolépticas del chilacuan.

Respecto a los grados Brix, también influyeron en la preferencia de los panelistas por el tratamiento T4, ya que obtuvo el valor más alto en este parámetro, lo que favorece el control de la textura, la preservación, la vida útil y el sabor del producto. Un Brix demasiado bajo podría resultar en una mermelada insípida o agria, mientras que un Brix excesivamente alto podría hacerla excesivamente dulce. El control adecuado de Brix es clave para garantizar un equilibrio entre la dulzura y el sabor de la fruta.

La aplicación de diferentes porcentajes de pectina en los diferentes tratamientos se vio influenciada en sus características sensoriales, por tal razón los resultados sensoriales según el rango promedio son distintos en todos los tratamientos, resultados similares se obtuvieron

en el estudio de Pinargote *et al.*, (2020) donde se observó el efecto de la pectina de cáscara de cacao en mermelada de naranja, obtuvo menor promedio en los atributos de olor, color, donde se evidenció que la mermelada de naranja tuvo mayor promedio en aceptabilidad, textura y sabor.

Se evidenció que las propiedades reológicas de la mermelada influyeron directamente en los parámetros sensoriales como la textura, el olor y el sabor, debido a que los tratamientos que tuvieron mejores comportamientos reológicos lograron una buena percepción sensorial en la mermelada, la combinación de textura y la parte sensorial representa la calidad de la mermelada con mayor precisión.

Cedeño L. ,(2019) en su investigación el uso de la pectina obtenida de la cáscara de cacao en la mermelada evaluó atributos de color, sabor, olor y consistencia de la cual utilizó diferentes porcentajes de pectina y sus resultados arrojaron que el mejor tratamiento es el tratamiento 2 con 0,7% de pectina que brinda características similares a las de la mermelada desarrollada y comerciales. De la misma manera en el estudio realizado por Bazán *et al.*, (2022) los resultados de la evaluación sensorial de una mermelada de camu-camu mostraron una amplia aceptación y se estableció que las mermeladas con mayor consistencia obtuvieron mejores resultados reológicos y sensoriales.

CAPÍTULO V

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La aplicación del método de hidrólisis ácida permitió extraer pectina de la cáscara de cacao de la variedad CCN-51 con un elevado contenido de metoxilo, alcanzando un valor de 7,86%. Este nivel es crucial ya que indica que la pectina puede formar geles firmes, resaltando su calidad y potencial aplicativo en la industria alimentaria.
- La adición de pectina de cáscara de cacao a la mermelada de chilacúan no alteró los resultados fisicoquímicos, ya que los valores de pH y °Brix se mantuvieron dentro de los rangos especificados por la norma INEN 419. Esto asegura que la mermelada cumplió con los estándares de calidad requeridos, garantizando un producto final adecuado y apto para el consumo según las regulaciones establecidas.
- Las propiedades reológicas mostraron una variación en la viscosidad de los tratamientos debido a que las mermeladas elaboradas con pectina extraída de cáscara de cacao exhiben comportamiento pseudoplástico, característico de fluidos no newtonianos. Esto implica que su viscosidad no es constante. La concentración de sólidos solubles tuvo un impacto significativo en el comportamiento reológico de la mermelada, siendo el tratamiento T4 el que mostró una mayor viscosidad debido a su alta concentración de sólidos solubles. Este fenómeno contribuyó a una mejor gelificación del producto final, destacando la influencia directa de los sólidos solubles en las propiedades reológicas y la consistencia de la mermelada.
- Según los resultados obtenidos, se encontró que la adición de pectina de cacao influyó en las características sensoriales de la mermelada, color, aroma, sabor, consistencia y aceptabilidad global entre los diferentes tratamientos, permitiendo a partir de un análisis paramétrico determinar que el tratamiento 4 destacó por su mayor aceptabilidad y viscosidad. A pesar de estas variaciones sensoriales, los resultados fisicoquímicos cumplieron con los estándares establecidos por la norma INEN 419.

5.2 Recomendaciones

- Es recomendable que la cáscara de cacao sea lo menos madura y se encuentre deshidratada previamente a la extracción de pectina, para obtener mejores resultados.
- Realizar de 2 a 3 filtraciones para reducir el tiempo de secado e incluso para eliminar las impurezas principales en el proceso de extracción de pectina.
- Al filtrar la pectina se deben realizar un máximo de 3 lavados para obtener una mejor coloración.
- En el proceso para la obtención de pectina, el secado debe ser al vacío para evitar coloraciones indeseadas.
- Reemplazar parte del azúcar por pectina de cáscara de cacao en la preparación de mermeladas, siendo una opción importante de análisis tanto en términos de salud como de propiedades funcionales.
- Se recomienda realizar un informe financiero de costos.
- La pectina puede ser utilizada en altos porcentajes y sin una pectina comercial y evaluar así su rendimiento.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, C., Carrillo, I., Chamorro, S y Palacios, C. (2019). *Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (Citrus Sinensis)*. 1(2602–8484).
- Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). *La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas*. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 64-70.
- Barazarte, H., Sangronis, E., y Unai, E. (2008). *La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas*. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 64-70.
- Barbieri, S., Oliveira, P., Godoy, R., Azeredo, H., Franco, C y Silveira, J. . (2018). *Pulp and Jam of Gabiroba (Campomanesia xanthocarpa Berg): Characterization and Rheological Properties*. *Food Chemistry*, 263, 292–299. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.004>.
- Barrera, J., Jiménez, E., Meza, T., & Trápala, A. (2019). Evaluación y caracterización de la pectina obtenida de cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L. Moraceae). *Journal CIM*, V(2), 920-927.
- Bazan Bazán-Colque, R. J., Ruiz-Barreto, F. I., Laguna, C. L., & Atencio, J. E. B. (2022). Mermelada de camu-camu: Procesamiento, propiedades reológicas, aceptación sensorial y estabilidad en el almacenamiento. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*, 3(2), e012-e012.
- Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F y Cravotto, G. . (2022). *Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production Chain*. In *Foods* (Vol. 11, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11060798>.
- Bird, Stewart, & Lightfoot. . (1992). *Fenómenos de Transporte*. 968-6165-02–9.
- Bone, Q., Lara, C., Canchingre, B y Mosquera, Quintero. . (2022). *btención de pectina y su uso en la producción de mermelada a partir del cacao (Theobroma cacao l.)*. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(6), 289–297. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i6.556>.

- Borja, L. (2018). *Análisis de las exportaciones del cacao ecuatoriano en grano en el periodo 2008 al 2018*. 2631-2662, 4(147–155).
- Cabarcas, E., Guerra, A., y Henao, C. (2019). *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción*.
- Cabarcas, E; Guerra, A; y Henao, C. (2012). *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción (Doctoral dissertation, Universidad de Cartagena)*.
- Calderón, U. (2017). *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51 procedente del distrito de Pajarillo-provincia de Mariscal Cáceres*.
- Campo, Y; Villada, C y Meneses, O. (2016). *Efecto del pre-tratamiento con Ultrasonido en la extracción de Pectina contenida en el albedo Del maracuyá (Passiflora edulis). Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial, 14(1), 103-109*.
- Casilar I, y Hidalgo V. (2007). *Proyecto de Graduación Previo a la obtención del título de Ingeniera Comercial y Empresarial*.
- Castro, K y Cargua, L. (2021). *Obtención de pectina de arazá (Eugenia stipitata) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (Opuntia ficus-indica)*.
- Cedeño, A. (2019). *Evaluación del uso de la pectina obtenida de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) en la elaboración de mermelada*.
- Chávez, M. (2022). *EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA, SENSORIAL Y REOLÓGICA DE LA MERMELADA DE TOMATE DE ÁRBOL (Cyphomandra betacea)*.
- Chia M, y Paredes D. (2018). *ELABORACION DE MERMELADA LIGTH, UTILIZANDO Carica papaya L.(PAPAYA), ENRIQUECIDA CON Myrciaria dubia H.B.K.(CAMU CAMU), PLANTA PILOTO FIA-UNAP 2016*.
- Chiriboga, A. (2017). *ANALISIS DEL IMPACTO DE LA INDUSTRIA DE MERMELADAS EN EL MERCADO NACIONAL Y SU APORTE AL COMERCIO EXTERIOR ECUATORIANO DESDE EL AÑO 2010*.
- Constante, Y. (2020). *Estudio de biochar obtenido a partir de cáscara de cacao, como mejorador del suelo en un cultivo de frejol (Phaseolus vulgaris)*.

- Cotilla, Pelier., Gallardo, L y Navarro, G. (2020). *PROSPECCIÓN DE NUEVAS FUENTES NATURALES DE PECTINAS CON POTENCIALIDADES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA PROSPECTING FOR NEW NATURAL SOURCES OF PECTINS WITH POTENTIAL FOR THE FOOD INDUSTRY CUB@: MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO. In Cub@: Medio Ambiente y Desarro.*
- ESPAC. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.*
- Ferreira, S. (2007). *Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial.*
- García, D. y. (2021). *Propuesta del proceso para la obtención de pectina partiendo de la cáscara de gulupa a escala piloto.*
- Hennessey, R., Murillo, A., Vasco,C y Astudillo, I. . (2021). *Enzymatic extraction and characterization of pectin from cocoa pod husks (Theobroma cacao L.) using celluclast® 1.5 L. Molecules, 26(5). <https://doi.org/10.3390/molecules26051473>.*
- Hidalgo, P., Tatiana, E., González, P., Nicole, S., Oña, F., y Roberto, D. . (2022). *Estudio reológico en la formulación de un helado suave y helado duro.*
- Higuera, M. (2017). *Aprovechamiento de la cascara de gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria.*
- Ibáñez, F., Torre, P y Irigoyen, A. . (2020). *Aditivos alimentarios .*
- Inca, J. (2023). *Utilización del mucilago de chíá obtenido por dos métodos, como espesante en mermelada de kiwi. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo, Ecuador.*
- Iuit, G., Betancur, A., Santos, F y Cantón, C. (2019). *Mermelada enriquecida con fibra dietética de cáscara de Mango (Mangifera indica L.). Revista Tecnología en Marcha, 32(1), 193-201.*
- Laguna, M. (2020). *Plan de negocios para la implementación de una empresa productora de mermeladas y jaleas de mezclas de frutas, ubicada en la provincia de Tungurahua.*
- Lock, D. (2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES.*
- López y Mefleh. (2022). *Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá, fuente para la elaboración de plástico biodegradable.*

- López, M., Mostacero, L., Gil, R., López, Z y De la Cruz, C. (2018). *Lapso de viabilidad de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) “cacao” en condiciones de laboratorio, La Libertad, Perú. Arnaldoa, 25(2). <https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25208>.*
- López, M., Paolo, D., Vaca, P., Henry, J y Zambrano, R. (2020). *EFFECTO REOLÓGICO DE LA PECTINA DE CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao L.) EN LA CALIDAD FÍSICO-QUÍMICA DE MERMELADA DE NARANJA.*
- López, R., Ramírez, A y Graziani , L. (2020). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (Psidium guajava L.). Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 50(3), 291-295.*
- Marsiglia, F., Mieles, G., Lastra, R y García, Z. (2018). *Efecto de la temperatura en las propiedades reológicas de la pulpa de melón (Cucumis melo). Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 5(2). <https://doi.org/10.23850/24220582.1675>.*
- Martínez, S., Fuentes, E y Zapateiro, L. . (2021). *Food hydrocolloids from butternut squash (Cucurbita moschata) peel: Rheological properties and their use in Carica papaya Jam. ACS Omega, 6(18), 12114–12123. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c00822>.*
- Mendoza, Jiménez y Ramírez. (2017). *EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA ENZIMÁTICAMENTE A PARTIR DE LAS CÁSCARAS DEL FRUTO DE CACAO (Theobroma cacao L.). Rev. U.d.C.A Act. & Div. Cient, 20 (1), 131–138.*
- Mendoza,V., Jiménez, F y Ramírez, N. (2017). *EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA ENZIMÁTICAMENTE A PARTIR DE LAS CÁSCARAS DEL FRUTO DE CACAO (Theobroma cacao L.) EVALUATION OF PECTIN EXTRACTED ENZYMATICALLY FROM COCOA (Theobroma cacao L.) POD HUSKS. CIENCIAS DE LA SALUD, 131.*
- Montoya, D., Yuliza, G y Benavides, P. (2023). *Transformación del cacao (Theobroma cacao L): una tendencia vanguardista.*
- Nafri, P., Singh, A., Sharma, A., y Sharma, I. . (2021). *Effect of storage condition on physiochemical and sensory properties of papaya jam. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 10(2), 1296–1301. <https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i2q.13990>.*
- Nieto, K., Mendoza, N y Campos, R. (2021). *Cocoa By-products.*

- Nizama, A. (2015). *Obtención y Caracterización de Pectina a Partir de Cáscara de Cacao (Theobroma cacao L.)*.
- Páez, G., Marín, M., Mármol, Z y Ferrer, J. (2015). *Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (Passiflora edulis f. flavicarpa Degener)*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(3), 241-251.
- Paredes, J; Hernández, R., y Cañizares, A. (2015). *Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascos de guayaba (Psidium guajava L.)*. *Idesia (Arica)*, 33(3), 35-41.
- Peñañiel, J. (2021). *ANÁLISIS ECOGEOGRÁFICO DE CHAMBURO (Vasconcellea pubescens) EN ECUADOR*.
- Pérez, H., Martínez, G., León, M & Sánchez, M. (2020). *The effect of the presence of seeds on the nutraceutical, sensory and rheological properties of Physalis spp. Fruits jam: A comparative analysis*. *Food Chemistry*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125141>.
- Pinargote, D., y Ruiz, J. (2020). *Efecto reológico de la pectina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) en la calidad físico-química de mermelada de naranja*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. (Tesis de grado). Calceta, Ecuador.
- Priyangini, F., Walde, S y Chidambaram, R. (2018). *Extraction optimization of pectin from cocoa pod husks (Theobroma cacao L.) with ascorbic acid using response surface methodology*. *Carbohydrate Polymers*, 202, 497–503. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.103>.
- Ramirez, N. (2015). *Introducción a la Reología de Alimentos*. <http://revistareciteia.es.tl/>.
- Renate, D. (2019). *Fortification of Citric Acid to Enhance Sensory Properties of Papaya Jam during Storage*.
- Rengifo, A y Macías, M. (2019). *EVALUACIÓN DE DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE CACAO (Theobroma cacao) AUTORES*.
- Rodríguez, C. (2023). *FORMULACIÓN DE GALLETAS A BASE DE HARINA DE LA FRUTA DE CHAMBURO DESHIDRATADA*.

- Sabeedra, M. (2015). *USO INTEGRAL DEL MARACUYÁ (PASSIFLORA EDULIS FLAVICARPA) EN LA EXTRACCIÓN DE PECTINA Y FORMULACIÓN DE MERMELADAS.*
- Sanz, C. (2021). *Proyecto de una industria de elaboración de mermelada con fruta de temporada de 644.000 kg al año de producción en Écija (Sevilla).*
- Sinbaña, M. (2020). *PLAN DE NEGOCIO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA SALSA ELABORADA DE CHAMBUROS Y MASHUA EN LA CIUDAD DE QUITO, Y SU COMERCIALIZACIÓN EN LA CIUDAD DE NEW YORK EN ESTADOS UNIDOS.*
- Solarte, C Y Guerrero, P. (2022). *Aprovechamiento de chilacuán (Vasconcellea pubescens) para la obtención de un componente nutricional.* <http://sedici.unlp.edu.ar/>.
- Sosa, R., Martinez, C y Ledezma, I. . (2016). *OBTENCION Y CARACTERIZACION DE PECTINA EXTRAIDA DE LA CASCARA DE CACAO (Theobroma cacao L.) MEDIANTE HIDROLISIS ACIDA/PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF PECTIN EXTRACTED FROM COCOA HULLS (Theobroma cacao L.) BY ACID HYDROLYSIS.* *Vitae*, 23, S647.
- Suárez, M y Marín, R. (2019). *Rendimiento de la pectina de casca de cacao (Teobroma cacao L.) como estabilizante en mermelada de naranja.* *Agrollanía*, 18, 29-34.
- Tapia, A. (2015). *APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES, CASCARILLA DE CACAO (Theobroma cacao L.) VARIEDAD ARRIBA Y CCN51 PARA LA ELABORACIÓN DE UNA INFUSIÓN.*
- Tobar, D. (2019). *Extracción de la enzima papaína presente en elchilacuan (Vasconcellea pubescens) como alternativa de cuajo vegetal.*
- Toribio Romero, K. N. (2018). *Evaluación de los parámetros sensoriales, fisicoquímicos y reológico de la mermelada de maracuyá (Passiflora edulis) y papaya (Carica papaya L.) con stevia, goma de tara y alginato de sodio.* (Tesis de grado), Universidad Peruana Union. Lima, Perú.
- Torregroza, E., Gomezcaceres, P., Rodríguez, M y López, M. (2019). *Optimizing acceptability of mango jam enriched with pectin from cacao husk (Theobroma cacao L.).* *DYNA (Colombia)*, 86(208), 292–296. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72972>.

- Vanitha, T., y Khan, M. (2020). *Role of Pectin in Food Processing and Food Packaging. In Pectins - Extraction, Purification, Characterization and Applications. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83677>.*
- Vargas A, y Pérez I. (2018). *PROVECHAMIENTO DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DEL AMBIENTE. Historia Del Artículo Resumen | Abstract |, 14(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.xxxx>.*
- Veloso, M., Laborde, M., Galizio, R., Nuñez, M y Pagano, A. (2020). *Análisis sensorial del dulzor de mermeladas de ciruelas elaboradas a base de miel como edulcorante. Alimentos Hoy, 28(49), 23-40.*

VII. ANEXOS

Anexo 1 Hoja de cata



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

FICHA DE CATACIÓN



Género: Edad: Fecha: 08 / 11 /2023

Producto: Mermelada de Chilacuan.

Tema: Influencia del uso de pectina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L*) en las características fisicoquímicas, reológicas y sensoriales de la mermelada de chilacuan (*Vasconcellea pubescens*).

Instrucciones:

- Frente a usted se presenta cinco (5) muestras de mermelada de chilacuan codificadas numéricamente, **Deguste** cada una de ellas de izquierda a derecha e indique el grado de gusto o disgusto para cada atributo en la **tabla 2**, de acuerdo con el puntaje o categoría observando la **tabla 1**. **RECUERDE** enjuagar su boca antes de probar cada muestra, misma que se encuentra a su derecha (Esquina superior).

Tabla 1.

Escala hedónica de siete puntos.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

Tabla 2.

Calificación de los atributos para cada muestra de mermelada de chilacuan.

Atributo	Código				
	817	665	528	378	709
Color					
Olor					
Sabor					
Consistencia					
Aceptabilidad Global					

Comentarios:

.....
.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Nota: Estos resultados evaluados serán utilizados únicamente para fines académicos.

Anexo 2 Proceso para el tratamiento de materia prima

Selección, lavado y escurrido de las cáscaras de cacao



Molienda de la materia prima



Secado de las cáscaras de cacao



Recolección de las cáscaras de cacao en polvo.



Anexo 3 Proceso para la extracción de pectina

Preparación de solución de ácido cítrico con pH 2



Hidrólisis Ácida



Filtración I.



Precipitación



Filtración II.



Molienda



Secado



Anexo 4 Caracterización de la pectina de cáscara de cacao

	Fecha	Peso usado de cacao (g)	Peso placa Petri (g)	Cantidad Ácido Cítrico (mL)	Peso placa Petri con Pectina Extraída (g)	Peso Pectina Seca (g)
1	18/08/2023	50	11.4338	1250	12.8692	1.4354
2	23/08/2023	100	11.4227	2500	14.2601	2.8374
3	25/08/2023	125	11.4412	3125	18.6911	7.2499
4	30/08/2023	125	11.4185	3125	17.6181	6.1996
5	01/09/2023	125	11.4325	3125	16.9788	5.5463
6	06/09/2023	125	11.4294	3125	17.2067	5.7773
7	08/09/2023	125	11.4175	3125	16.2612	4.8437
8	12/09/2023	125	11.4188	3125	15.9635	4.5447
9	14/09/2023	125	11.4221	3125	17.3793	5.9572
10	19/09/2023	125	11.4403	3125	16.4219	4.9816
11	21/09/2023	125	11.4309	3125	16.3073	4.8764
12	25/09/2023	125	11.4418	3125	17.5257	6.0839
13	27/09/2023	125	11.4257	3125	15.3066	3.8809
14	03/10/2023	125	11.4271	3125	17.6922	6.2651

Anexo 5 Elaboración de la mermelada de chilacután.

Escaldado



Pulpeado



Pesaje



Cocción



Envasado y Almacenamiento



Anexo 6 Análisis Físico de la mermelada de chilacuán

pH



Grados Brix



Anexo 7 Resultados microbiológicos



Orden de trabajo N°235161
Informe N° 235161A
Hoja 1 de 1

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: MISHELL RODRIGUEZ
Dirección: San Pedro de Huaca – Carchi
Muestra: Mermelada de chilacuan
Descripción de la muestra: Pastoso
Fecha Elaboración: ---
Fecha Vencimiento: ---
Fecha de Toma: 8 de diciembre del 2023
Lote: ---
Localización: ---
Envase: Vidrio
Conservación de la muestra: Refrigeración

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 13 de diciembre del 2023
Toma de muestra por: Cliente
Fecha de realización del ensayo: 13 - 18 de diciembre del 2023
Fecha de emisión del informe: 13 diciembre del 2023
Condiciones ambientales: 23,3°C 38%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADOS
Recuento de Mohos	ufc/g	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	< 10
Recuento de Levaduras	ufc/g	PEEMi/LA/03 INEN 1529-10	< 10

Cecilia Lúzuriaga S
Dra. Cecilia Lúzuriaga
GERENTE GENERAL

El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.



Anexo 8 Catación a jueces no entrenados.

