

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: "Comparación de la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (*Citrus lemon*) para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá"

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieras en Alimentos

AUTORAS: Fuertes Guaña Melani Pamela
Unaicho Chanaluisa Alicia Lisbeth
TUTOR: MSc. Domínguez Rodríguez Francisco Javier PhD.

Tulcán, 2024

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que las estudiantes Fuertes Guaña Melani Pamela y Unaicho Chanaluia Alicia Lisbeth con el número de cédula 1728080613 y 0504591868 respectivamente han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Comparación de la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (*Citrus lemon*) para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá"

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva

MSc. Domínguez Rodríguez Francisco Javier PhD.

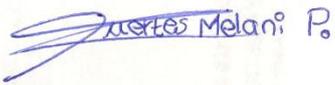
TUTOR

Tulcán, julio de 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieras en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotras, Fuertes Guaña Melani Pamela y Unaucho Chanaluisa Alicia Lisbeth con cédula de identidad número 1728080613 y 0504591868 respectivamente declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Fuertes Guaña Melani Pamela

AUTORA



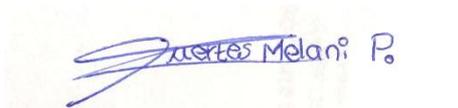
Unaucho Chanaluisa Alicia Lisbeth

AUTORA

Tulcán, julio de 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotras Fuertes Guaña Melani Pamela y Unaucho Chanaluisa Alicia Lisbeth declaramos ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Comparación de la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (*Citrus lemon*) para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Fuertes Guaña Melani Pamela

AUTORA



Unaucho Chanaluisa Alicia Lisbeth

AUTORA

Tulcán, julio de 2024

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la vida y salud, por iluminar nuestro camino con sabiduría y permitir culminar esta etapa de nuestra formación profesional. A nuestros padres, quienes han sido ejemplo de superación y esfuerzo, inculcándonos valores y velando por nuestro bienestar para que sigamos adelante cumpliendo nuestras metas.

A los docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de la carrera de Alimentos quienes con su dirección, enseñanza y dedicación han formado excelentes profesionales.

A nuestro tutor PhD.: Francisco Domínguez, por la disponibilidad de su tiempo durante todo este proceso, quien ha sido guía fundamental que con su enseñanza y conocimiento permitió el desarrollo de esta investigación.

Fuertes Melani

Unaucho Alicia

DEDICATORIA

A mis padres Vinicio Fuertes y Jessy Guaña, quienes han sido pilar fundamental en mi formación académica, que con su amor incondicional y apoyo inquebrantable me han ayudado a cumplir mis metas. Gracias por ser mi inspiración y mi fuerza, los amo con todo mi corazón y les dedico todo mi éxito y felicidad, porque todo lo que soy se los debo a ustedes.

A mis hermanitas quienes han sido mi apoyo y mi fuente de inspiración a lo largo de esta travesía académica. Su amor ha sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles.

Fuertes Melani

A mis padres Marcelo Unaucho y Carmen Chanaluisa quienes han sido mi pilar fundamental en toda esta trayectoria de estudio, por la confianza y el apoyo incondicional que me han brindado, por ayudarme a cumplir cada una de mis metas como lo es ahora mi título profesional. Siempre agradeceré su esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos, quienes han sido mi apoyo incondicional en esta etapa de mi vida y han estado para mí en los buenos y malos momentos. Su amor y apoyo incondicional han sido fundamentales en este camino.

A mi madrina Elvia quien ha sido como una segunda madre para mí durante el tiempo que viví con ella, gracias por sus consejos y el apoyo incondicional que me ha brindado.

Unaucho Alicia

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| ÍNDICE | 7 |
| RESUMEN | 14 |
| INTRODUCCIÓN | 16 |
| I. EL PROBLEMA | 17 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 17 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 18 |
| 1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 19 |
| 1.4.1. Objetivo General | 19 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 19 |
| II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 20 |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 2.2. MARCO TEÓRICO | 22 |
| 2.2.2 Generalidades del limón Meyer | 22 |
| 2.2.2.1 Estructura del limón Meyer | 23 |
| 2.2.2.2 Producción del limón | 24 |
| 2.2.2.3 Propiedades nutricionales del limón | 24 |
| 2.2.2.4 Conservación | 24 |
| 2.2.2.5 Estado de maduración | 24 |
| 2.2.3 Pectina | 25 |
| 2.2.3.1 Origen | 25 |
| 2.2.3.2 Propiedades generales de las pectinas | 26 |
| 2.2.3.3 Clasificación de la pectina | 26 |
| 2.2.3.3.1 Pectinas de alto metoxilo | 26 |
| 2.2.3.3.2 Pectinas de Bajo metoxilo | 27 |
| 2.2.3.4 Parámetros fisicoquímicas de la pectina | 27 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.2.3.4.1 | Peso equivalente..... | 27 |
| 2.2.3.4.2 | Acidez libre..... | 28 |
| 2.2.3.4.3 | Grado de metoxilo..... | 28 |
| 2.2.3.4.4 | Grado de esterificación..... | 28 |
| 2.2.3.4.5 | Grado de Ácido galacturónico..... | 29 |
| 2.2.3.5 | Métodos de extracción de pectinas..... | 29 |
| 2.2.3.5.1 | Extracción de pectina por el método convencional o hidrólisis ácida..... | 30 |
| 2.2.3.5.2 | Extracción enzimática..... | 30 |
| 2.2.4 | Ají rocoto (<i>Capsicum pubescens</i>)..... | 31 |
| 2.2.4.1 | Origen..... | 31 |
| 2.2.4.2 | Morfología del ají..... | 31 |
| 2.2.4.3 | Valor nutricional del ají rocoto..... | 32 |
| 2.2.4.4 | Capsaicina y Dihidrocapsaisina..... | 33 |
| 2.2.4.5 | Producción de ají en Ecuador..... | 33 |
| 2.2.5 | Maracuyá (<i>Passiflora edulis flavicarpa</i>)..... | 33 |
| 2.2.5.1 | Estructura de maracuyá..... | 34 |
| 2.2.5.2 | Composición fisicoquímica de maracuyá..... | 34 |
| 2.2.5.3 | Producción de maracuyá en Ecuador..... | 35 |
| 2.2.6 | Mermelada..... | 35 |
| 2.2.6.1 | Componentes de la mermelada..... | 35 |
| 2.2.6.1.1 | Acidulantes..... | 35 |
| 2.2.6.1.2 | Ácido cítrico (E-330)..... | 36 |
| 2.2.6.1.3 | Conservantes..... | 36 |
| 2.2.6.2 | Requisitos de la mermelada de frutas..... | 37 |
| 2.2.7 | Envases..... | 37 |
| III. | METODOLOGÍA..... | 38 |
| 3.1. | ENFOQUE METODOLÓGICO..... | 38 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.1. Enfoque | 38 |
| 3.1.2. Tipo de Investigación | 38 |
| 3.2. HIPÓTESIS | 38 |
| 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | 39 |
| 3.3.1 Operalización de variables | 40 |
| 3.4. MÉTODOS UTILIZADOS | 42 |
| 3.4.1 Determinación del estado de madurez del limón..... | 42 |
| 3.4.2 Extracción de la pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática | 42 |
| 3.4.3 Pruebas de caracterización de pectina (Calidad)..... | 49 |
| 3.4.3.1 Grado de metoxilo | 49 |
| 3.4.3.2 Grado de esterificación..... | 50 |
| 3.4.3.3 Ácido galacturónico | 50 |
| 3.4.3.4 Rendimiento de la pectina | 50 |
| 3.4.4 Elaboración de mermelada..... | 51 |
| 3.4.4.1 Análisis físico químicos | 52 |
| 3.4.4.1.1 Sólidos solubles norma INEN 380 | 52 |
| 3.4.4.1.2 pH | 53 |
| 3.4.4.1.3 Viscosidad | 53 |
| 3.4.5 Análisis sensorial..... | 53 |
| 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 53 |
| 3.5.1 Análisis estadístico..... | 53 |
| 3.5.1.1 Extracción de pectina | 53 |
| 3.5.1.2 Unidad experimental..... | 53 |
| 3.5.1.3 Tratamientos | 54 |
| 3.5.1.2 Formulación de mermelada | 54 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 56 |
| 4.1. RESULTADOS | 56 |
| 4.1.1 Primera etapa: extracción de pectina | 56 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 4.1.1.1 | Caracterización del estado de madurez del limón Meyer | 56 |
| 4.1.1.1.1 | Estado de madurez: Verde..... | 56 |
| 4.1.1.1.2 | Estado de madurez: Maduro | 57 |
| 4.1.1.2 | Rendimiento de pectina..... | 57 |
| 4.1.1.3 | Caracterización fisicoquímica y calidad de la pectina | 58 |
| 4.1.2. | Segunda etapa: análisis fisicoquímicos y sensoriales de la mermelada | 58 |
| 4.1.2.1 | Grados °Brix..... | 58 |
| 4.1.2.2 | pH | 59 |
| 4.1.2.3 | Viscosidad | 59 |
| 4.1.3 | Análisis sensorial..... | 60 |
| 4.1.3.1 | Prueba de normalidad. | 60 |
| 4.1.3.2 | Color | 61 |
| 4.1.3.3 | Olor..... | 61 |
| 4.1.3.4 | Sabor..... | 62 |
| 4.1.3.5 | Viscosidad..... | 62 |
| 4.1.3.6 | Aceptabilidad General..... | 63 |
| 4.1.3.7 | Determinación global | 64 |
| 4.2. | DISCUSIÓN | 64 |
| 4.2.1 | Primera etapa: extracción de pectina | 64 |
| 4.2.1.1 | Caracterización del estado de madurez del limón Meyer | 64 |
| 4.2.1.2 | Rendimiento | 65 |
| 4.2.1.3 | Caracterización fisicoquímica de calidad de la pectina | 66 |
| 4.2.1.3.1 | Grado de metoxilo..... | 66 |
| 4.2.1.3.2 | Grado de esterificación..... | 67 |
| 4.2.1.3.3 | % Ácido galacturónico | 68 |
| 4.2.2 | Segunda etapa: análisis fisicoquímicos y sensoriales de la mermelada | 68 |
| 4.2.2.1 | Sólidos solubles (Grados Brix)..... | 68 |
| 4.2.2.2 | pH | 69 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2.2.3 Viscosidad..... | 69 |
| 4.2.3 Análisis sensorial de la mermelada de ají con maracuyá..... | 70 |
| V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 71 |
| 5.1. CONCLUSIONES..... | 71 |
| 5.2. RECOMENDACIONES..... | 72 |
| VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 73 |
| VII. ANEXOS..... | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Valor nutricional del limón..... | 24 |
| Tabla 2. Requisitos fisicoquímicos del limón de acuerdo con su estado de madurez | 25 |
| Tabla 3. Tipos de pectina (HM) y sus características..... | 26 |
| Tabla 4. Características de las pectinas alimenticias de bajo metoxilo (LMP)..... | 27 |
| Tabla 5. Composición de la hortaliza, por 100g del producto comestible..... | 32 |
| Tabla 6. Composición Fisicoquímica de maracuyá..... | 35 |
| Tabla 7. Requisitos de la mermelada de frutas..... | 37 |
| Tabla 8. Primera etapa: extracción de pectina..... | 40 |
| Tabla 9. Segunda parte: Formulación de mermelada de ají con maracuyá..... | 41 |
| Tabla 10. Tratamientos extracción ácida y enzimática..... | 54 |
| Tabla 11. Formulación 1 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá. | 55 |
| Tabla 12. Formulación 2 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá. | 55 |
| Tabla 13. Formulación 3 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá. | 55 |
| Tabla 14. Formulación 4 testigo o blanco..... | 55 |
| Tabla 15. Acidez titulable..... | 56 |
| Tabla 16. Rendimiento de pectina..... | 57 |
| Tabla 17. Calidad y caracterización de la pectina..... | 58 |
| Tabla 18. Grados °Brix..... | 59 |
| Tabla 19. Determinación de pH..... | 59 |
| Tabla 20. Determinación de viscosidad..... | 59 |
| Tabla 21. Escala de evaluación..... | 60 |
| Tabla 22. Prueba de normalidad Shapiro Willk para el análisis sensorial en la segunda fase..... | 61 |

| | |
|---|----|
| Tabla 23. Determinación del parámetro color | 61 |
| Tabla 24. Determinación del parámetro olor | 62 |
| Tabla 25. Determinación del parámetro sabor | 62 |
| Tabla 26. Determinación del parámetro viscosidad | 63 |
| Tabla 27. Determinación del parámetro aceptabilidad general | 63 |
| Tabla 28. Determinación global | 64 |
| Tabla 29. Rendimiento de pectina en hidrólisis ácida..... | 81 |
| Tabla 30. Rendimiento de pectina en hidrólisis enzimática. | 81 |
| Tabla 31. Hidrólisis ácida (ácido cítrico) | 82 |
| Tabla 32. Hidrólisis ácida (ácido clorhídrico). | 82 |
| Tabla 33. Hidrólisis enzimática (pectin lyase) | 83 |
| Tabla 34. Grados °brix..... | 84 |
| Tabla 35. pH | 84 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Estructura del limón..... | 23 |
| Figura 2. Región de la cadena lineal de la estructura de la pectina..... | 25 |
| Figura 3. Estructura del ají rocoto | 31 |
| Figura 4. Estructura química de la capsaicina | 33 |
| Figura 5. Estructura maracuyá | 34 |
| Figura 6. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis ácida (Ácido Cítrico) | 43 |
| Figura 7. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis ácida (Ácido Clorhídrico) | 45 |
| Figura 8. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis enzimática pectin lyase. | 47 |
| Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de la mermelada de ají con maracuyá..... | 51 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC | 78 |
| Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas..... | 80 |
| Anexo 3. Extracción y análisis de pectina..... | 81 |
| Anexo 4. Etapa 2 Análisis fisicoquímicos de la mermelada..... | 83 |
| Anexo 5. Hoja de catación | 85 |

RESUMEN

Se prepararon mermeladas de ají con maracuyá utilizando la pectina extraída del albedo de limón Meyer. En la extracción de pectina se utilizaron cáscaras de limones con dos estados de madurez: verde y maduro (EmV y EmM) y dos métodos de extracción, hidrólisis ácida (Ha, ácidos cítrico y clorhídrico) e hidrólisis enzimática (He, enzima pectin lyase). Los parámetros para la determinación del rendimiento y calidad de la pectina fueron: hidrólisis ácida (estado de madurez, pH del ácido de 2, tiempo de extracción de 1 hora y temperatura de 80 °C) e hidrólisis enzimática (estado de madurez, pH de 2, tiempo de extracción 6 horas y temperatura 45 °C.) Los resultados obtenidos fueron analizados con el programa Infostat mediante un ANOVA con una prueba de rangos Tukey al 5 % ($p < 0,05$). El tratamiento que dio mejor rendimiento fue el T2 (Ha C₆H₈O₇ + EmM + pH 2,00 + 1 h + 80°C) con un 29,4 %. En la caracterización de la pectina (calidad) el mejor tratamiento resultó ser el T5 (He + EmV + pH 2,00 + 6 h + 45°C) con un peso equivalente de 1534,25 mg/meq, acidez libre 0,61 eg/meq, grado de metoxilo 13,33 % (alto metoxilo), grado de esterificación 87 % y ácido galacturónico 35 %. En la formulación de la mermelada se aplicaron los mejores tratamientos de extracción en cuanto a rendimiento T2 y calidad T5 y se consideraron 3 concentraciones de pectina (0,5, 1,00 y 1,5 % m/m). Mediante una evaluación sensorial se determinó la aceptabilidad de la mermelada, siendo el T6 (He+ EmV+ 1,5 % m/m) con un pH 3,35, °Brix 66,60 y una viscosidad de 1584,77 Pa s.

Palabras Claves: Hidrólisis ácida, hidrólisis enzimática, albedo de limón, pectina, mermelada.

ABSTRACT

Chili jams with passion fruit were prepared using pectin extracted from Meyer lemon albedo. In the extraction of pectin, lemon peels with two stages of maturity were used: green and ripe (EmV and EmM) and two extraction methods, acid hydrolysis (AH) (citric and hydrochloric acids) and enzymatic hydrolysis (EH) (pectin lyase enzyme). The parameters for determining the yield and quality of pectin were: acid hydrolysis (maturity state, acid pH of 2, extraction time of 1 hour and temperature of 80 °C) and enzymatic hydrolysis (maturity state, pH of 2, extraction time 6 hours and temperature 45 °C.) The results obtained were analyzed with the Infostat program using an ANOVA with a Tukey rank test at 5% ($p < 0.05$). The treatment that gave the best yield was T2 (AH C6H8O7 + EmM + pH 2.00 + 1 h + 80°C) with 29.4%. In the characterization of pectin (quality), the best treatment turned out to be T5 (EH + EmV + pH 2.00 + 6 h + 45°C) with an equivalent weight of 1534.25 mg/meq, free acidity 0.61 eg/meq, methoxyl degree 13.33% (high methoxyl), esterification degree 87% and galacturonic acid 35%. In the jam formulation, the best extraction treatments were applied in terms of T2 yield and T5 quality and 3 concentrations of pectin were considered (0.5, 1.00 and 1.5% m/m). Through a sensory evaluation, the acceptability of the jam was determined, being T6 (EH+ EmV+ 1.5% m/m) with a pH 3.35, °Brix 66.60 and a viscosity of 1584.77 Pa s. Keywords: Acid hydrolysis, enzymatic hydrolysis, lemon albedo, pectin, jam.

Keywords: Acid hydrolysis, enzymatic hydrolysis, lemon albedo, pectin, jam.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país con diversidad agraria, debido al cultivo y la producción de diversos productos como el limón, el cual es una de las frutas más consumidas ya que aporta una gran cantidad de nutrientes y Vitamina C (Soria, 2022).

En la industria de alimentos las frutas suelen pasar por distintos procesos hasta obtener productos como jugos, fruta enlatada, conservas, entre otros. Por lo general en las fábricas de jugos la mayor parte del bagazo y la cáscara son destinados para abono o como alimento de animales, sin embargo, estos residuos se pueden llegar a utilizar a partir de distintas técnicas de extracción para la obtención de pectina y aceites esenciales lo que generaría beneficios económicos y ambientales (Soria, 2022).

La pectina es un polisacárido empleado en la industria de alimentos como aditivo, cumple con la función de espesante, estabilizante, gelificante, y emulsificante, además es una sustancia neutra, no cristalizable, incolora y soluble en agua. Se divide en pectinas de gelificación lenta, (empleadas en salsas, jaleas, confitería entre otros) y gelificación rápida (mermeladas) (Del Puerto & Maldonado, 2022).

A nivel industrial la pectina se obtiene a partir de residuos como la cáscara o albedo de frutos cítricos los cuales contienen el 25 % de sustancias pécticas (Palacios, Chamorro, Almeida, & Carrillo, 2019). Cabe recalcar que el estado de madurez de los cítricos influye en los procesos de extracción de pectina debido a que entre más maduro esté, mayor porcentaje se obtendrá en comparación con los cítricos verdes o pintones.

En Ecuador la pectina no se produce, se importa de otros países como aditivo para la producción de diversos productos, es por ello que se han buscado alternativas de obtención de este aditivo, por lo que se le daría un valor agregado al reutilizar residuos de los frutos cítricos (limón), lo cual ayudaría a tener un impacto positivo en la economía (Franco, 2022).

La mermelada es un producto que se obtiene a través de un proceso de cocción de frutas mezcladas con azúcares y otros ingredientes hasta lograr la consistencia adecuada, una textura firme, untosa, sin llegar a ser dura, en el caso de usar trozos de fruta deben estar esparcidos durante toda su mezcla (NTE INEN, 1988).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, mencionan que a nivel mundial se desperdician 644 millones de frutas y verduras, los cuales se desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción inicial, el consumo final e incluso hasta desecharlo a la basura, por distintos factores.

En el Ecuador la producción de limón para el año 2017 fue de 30702 toneladas métricas (FAO, 2020), de este fruto únicamente se utiliza el zumo como alimento directo y para la aplicación en subproductos, por lo tanto, el bagazo o cáscara constituye uno de los mayores problemas ambientales, debido a que genera una gran cantidad de desperdicio.

Ecuador no cuenta con una actividad industrial dedicada a producción de pectina, es por ello que lo importan de otros países como: Colombia, Argentina, México o China, siendo así, que los valores que se llegan a pagar por la importación de la pectina varían entre los 20 a 34 dólares por kilogramo (Franco, 2022).

La empresa "La Cascada" se ubicada en la parroquia de Gualea provincia de Pichincha se dedica a la producción de zumo de limón y aceites esenciales. Actualmente genera 3000kg semanales de cáscara de limón, de las cuales el 30% son predestinadas para la alimentación animal y el 70% son desechadas sin ningún beneficio. Además, existen otras empresas dedicadas a la producción únicamente del zumo de limón las cuales debido al desconocimiento y a la falta de información sobre los beneficios que pueden obtenerse de las cáscaras, no aprovechan estos residuos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿La extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón permitirá seleccionar el método idóneo para obtener una pectina de alta

calidad y rendimiento que será utilizada en la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los procesos industriales la generación del producto deseado establece grandes cantidades de productos secundarios. Estos productos se tratan como desechos, sin considerar que pueden ser potenciales materias primas para el desarrollo de nuevos productos en función a sus características (Ulloa, 2012).

La hidrólisis ácida es el método más utilizado de extracción de pectina a nivel industrial siendo económicamente más rentable. La hidrólisis enzimática determina la calidad de la pectina dependiendo de los parámetros fisicoquímicos sin embargo son costosas aquellas enzimas que son específicas y eficientes a nivel industrial generalmente son poco utilizadas.

La pectina puede ser obtenida de la cáscara o albedo de limón, puede ser clasificada como una pectina de alto metoxilo su poder gelificante es mayor al 50% requieren de grandes cantidades de azúcar y un pH bajo de 1-3,5 se puede utilizar para la elaboración de mermeladas y pectina de bajo metoxilo menor al 50% llega a formar geles sin azúcar, con un pH alto a 7, normalmente son usados para jaleas, productos lácteos entre otros.

Es bien conocido, que en Ecuador no se produce pectina, debido a que no cuenta con procedimientos de transformación de este cítrico, es por ello que se ha buscado alternativas para darle un valor agregado a los residuos de frutos cítricos u otras frutas empleando métodos de extracción eficientes y sobre todo rentables en costos.

La mermelada de ají con maracuyá es una alternativa innovadora que se pretende dar a conocer al público en general, debido a que en el mercado no se encuentran mermeladas picantes, además tiene la finalidad de ingresar a nuevos mercados satisfaciendo las necesidades de los consumidores.

El presente trabajo tiene como objetivo el aprovechamiento de residuos provenientes de frutos cítricos como el albedo del limón (60% jugo y 40% cáscara), a partir de dos métodos de extracción de pectina, hidrólisis ácida y enzimática en función a rendimiento y calidad, para ello se realizará investigaciones previas en documentos científicos confiables que favorezcan al desarrollo de la misma, por consiguiente se pretende elaborar un producto de calidad, como la mermelada de ají con

maracuyá, respectivamente se harán análisis fisicoquímicos para poder determinar que la mermelada cumpla con la satisfacción de los consumidores.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Comparar la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (Citrus lemon) para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el estado de madurez del limón Meyer mediante acidez titulable para la determinación del método idóneo de extracción en función del rendimiento.
- Evaluar los parámetros fisicoquímicos de la pectina: grado de metoxilo, esterificación y ácido galacturónico en función de su estado de madurez para la determinación de su calidad.
- Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de la mermelada de ají con maracuyá con la aplicación de la pectina extraída.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo investigativo se sustenta con los siguientes antecedentes:

Ibarra & Ordoñez (2022), en su investigación acerca de la obtención de pectina a partir del albedo de limón tahití y maracuyá, usaron el método de extracción de hidrólisis química donde se empleó un ácido orgánico débil como es el ácido cítrico. Para la extracción de pectina del albedo de limón tahití se determinó que las condiciones óptimas fueron de: temperatura (58,55°C) , tiempo (30,10 minutos), concentración de ácido (4,46%) obteniendo un rendimiento de 27,20%. En el caso del albedo de maracuyá las condiciones óptimas para la extracción son de: temperatura de 53,264°C, tiempo 49,989 minutos, concentración de ácido de 2,59% obteniendo un rendimiento de 23,86%.

Moscoso (2015), evaluó el proceso de extracción de pectina de tres variedades de cítricos como: naranja, toronja y cidra para ello se utilizó como unidad experimental 1000g de albedo en 12 tratamientos con 2 repeticiones dando un total de 24 tratamientos. La extracción se realizó mediante hidrólisis ácida con un ácido débil (ácido cítrico) y un ácido fuerte (ácido clorhídrico). Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos de las 3 frutas para acidez se obtuvieron valores altos en (naranja 1,65), intermedio (cidra 0,96) y el valor más bajo fue de (toronja 0,83) en cuanto a humedad el valor más alto fue de (naranja 8,13) intermedio (toronja 7,78), el valor más bajo (cidra 7,38) para ceniza presento un valor alto (cidra 2,69) intermedio (toronja 2,42), mientras que el valor bajo fue de la naranja (2,16). Finalmente, la fruta con mayor porcentaje de rendimiento fue de (toronja 10,55) seguido de (cidra 10,04) y (naranja 8,97).

Benitez (2022), en su investigación sobre la extracción experimental de pectina de cáscara de limón (Citrus Limon Burmann) se realizó a partir del método de hidrólisis ácida con un ácido fuerte como el ácido clorhídrico obtuvo un rendimiento de 3,024 y 3,320 (pH: 1,5; T: 80°C; t: 60 min), también determinó los parámetros fisicoquímicos

de la pectina los cuales fueron para grado de metoxilo un valor de 11,26%, grado de esterificación 81,34% y ácido galacturónico de 71,74%.

Danovich (2019), extrajo pectina a mediante del albedo de limón a partir de enzimas pécticas producidas por una levadura autóctona, esta investigación se realizó, mediante dos etapas: en la primera se obtuvo el extracto enzimático para ello se realizaron cultivos de *W. anomalus*, en un medio sintético, los cultivos se realizaron en Erlenmeyers los cuales fueron incubados a temperatura de 30°C, a 180 rpm durante 24 horas. En la segunda etapa se evaluó la aplicación de la extracción enzimática, en la que se determinó diferentes factores como: pH (3,5 – 4,5), temperatura (35 – 40°C), tiempo de extracción (6 y 4 horas) y concentración de la enzima (1/20, 1/40, 1/50, y 1/60). El mayor porcentaje en cuanto a rendimiento fue de 36,86% a una temperatura de 35°C, pH de 4,5 tiempo de 6h con una relación sólido/líquido de 1/50, utilizando 12,5ml del extracto enzimático. Además, se determinó el grado de esterificación donde se obtuvo un valor de 79,10% lo cual indica ser una pectina de alto metoxilo.

Fustamante & Valdera (2019), realizaron la extracción enzimática y caracterización de la pectina a partir de los residuos del mango, para ello, se usó un complejo enzimático (pectiniliasas (PL) poligalacturonasas (PG) y pectinemetilsterasas (PME)), se evaluó diferentes factores tales como: pH (3 – 4,5), tiempo de (6 – 12 horas) y temperaturas entre (40 – 45°C). Se obtuvo un rendimiento mínimo de 2,45% y máximo de 11,21% siendo el mayor porcentaje obtenido a partir de un tiempo de 6 horas a temperatura de 40°C y un pH de 3, presentó un porcentaje de humedad de (8,24%), contenido de cenizas 17,70, grado de metoxilo 5,75%, considerándose una pectina de bajo metoxilación y grado de esterificación 63%.

En la investigación realizada por (Yoc, 2020) Utilizaron al limón ponderosa (*Citrus limon* x *citrus medica* L. Burm. F.) como materia prima para la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida con el uso de ácido cítrico para ser aplicada en mermeladas de frutas de bajo contenido de pectina. La extracción en este estudio se llevó a cabo a diferentes pH entre (2,5 – 4), temperaturas de (60 – 90°C), tiempos de (40 – 60 minutos) los resultados mostraron que el rendimiento de extracción corresponde al 35,25%, (pH 3 y t:40 min) donde se determinó que al realizar la obtención de pectina a diferentes temperaturas no difieren en el rendimiento. En cuanto a la calidad de la pectina se obtuvo que el porcentaje de ácido galacturónico fue bajo en todos los tratamientos, por lo que es considerada como

una pectina de baja calidad, el porcentaje de metoxilo es de 1,64 y 2,68 en la que se categorizó como una pectina de bajo metoxilo y de gelificación lenta. En el análisis de los parámetros fisicoquímicos de la mermelada de piña que fue elaborada con pectina comercial y de limón ponderosa se obtuvo que no existe diferencia significativa a excepción de su viscosidad dinámica.

Vinueza, (2014), en el estudio titulado "Efecto del uso de diferentes porcentajes de azúcar, pectina y ácido cítrico en la consistencia de una mermelada de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum Mill*) para su conservación, UTE Santo Domingo", realizó diferentes porcentajes de azúcar, pectina y ácido cítrico, para aplicarlo en una mermelada, se realizaron análisis fisicoquímicos de la mermelada como: pH, acidez y viscosidad, análisis bromatológicos como: humedad, proteína, grasa, ceniza, fibra, kcal de valor calórico y se realizó un análisis microbiológico.

2.2. MARCO TEÓRICO

Según (Del Puerto & Maldonado, 2022) las frutas son sometidas a diversos estados de procesamiento hasta convertirlos en productos como conservas, frutas enlatadas, jugos entre otros. Se debe tomar en cuenta que higienizar, secar y envasar frutas no son considerados como un proceso de transformación, esto se debe a que la materia prima continua íntegra, sin embargo, las operaciones como fermentación, pasteurización o deshidratación modifican a la fruta.

El procesamiento industrial de frutas tiene la finalidad de hacer a los productos más comercializables y atractivos satisfaciendo las necesidades de los consumidores, generalmente extendiendo la vida del producto sobre el estante, "shelf-life".

2.2.2 Generalidades del limón Meyer

Según la Norma Técnica Ecuatoriana (INEN, NTE INEN 1757, 2008) el limón Meyer conocido también por su nombre científico (*Citrus Lemon*) proviene de la familia Rutáceas, plantas angiospermas, pertenecientes al orden sapindales. Es un cítrico comestible de sabor ácido, tiene su forma característica, de piel lisa y gruesa, su color depende de su estado de madurez, su pulpa es verde amarillento, jugoso y ligeramente ácida, caracterizada por su alto contenido de pectina.

2.2.2.1 Estructura del limón Meyer

El limón se caracteriza por ser un fruto muy carnoso, constando de hesperidio, que está dividido por varias celdas de telillas membranosas. Generalmente se distinguen tres partes independientes, tal como lo describe (Murgueytio, 2015).

Epicarpio (flavedo): También llamado exocarpio, es considerado la parte exterior del fruto, es decir la piel del cítrico, la cáscara está constituida por un tejido rico en pigmentos y aceites esenciales los cuales se encuentran en gran cantidad siendo (20-30 mg/100 g) y (0,05 a 1 ml por 100 cm² de superficie) respectivamente.

Mesocarpio (Albedo): Se encuentra en la parte interior del flavedo, se caracteriza por ser un tejido blanco y esponjoso, constituido por un 33% de celulosa, 44% de hidratos de carbono y 20% de sustancias pépticas.

El albedo de limón fresco constituye del 20-60% de la totalidad del fruto y tiene un porcentaje de agua del 75-80%.

Endocarpio

Se presenta como el 65 y 70% (del peso del limón), es la parte comestible de los cítricos y está constituido por 8 a 12 segmentos denominados lóculos, y están envueltos en una sutil membrana, en cuyo interior se encuentran numerosas células glandulosas denominadas celdas o vesículas glandulares, ricas en jugo dentro de ellas se encuentran las semillas.

La estructura del limón Meyer consta de tres partes autónomas como se muestra en la figura 1.

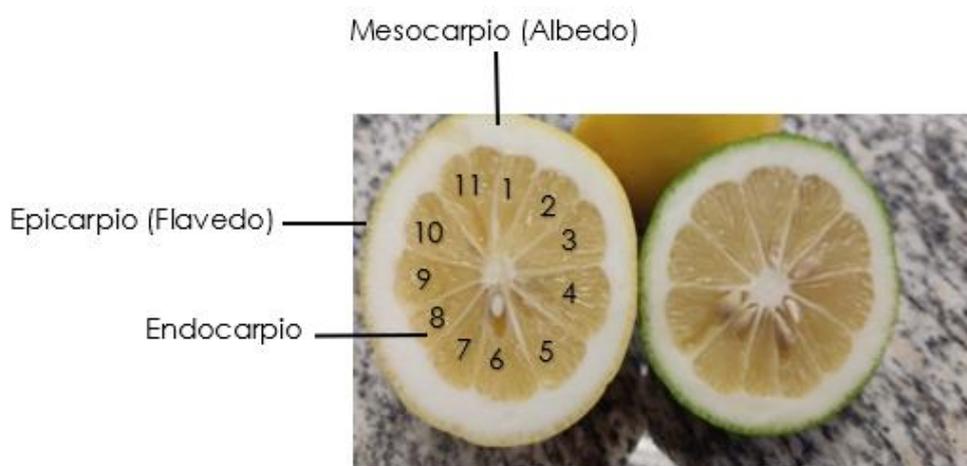


Figura 1. Estructura del limón
Fuente: Fuertes (2023)

2.2.2.2 Producción del limón

De acuerdo a su ubicación geográfica, Ecuador es considerado como un país megadiverso, todas las regiones del país, cuentan con las condiciones climáticas adecuadas para el cultivo del limón (Quiroz, 2019).

Según el informe Censo Nacional Agropecuario del año 2017 se cultivaron alrededor de 8152 ha de limón, centrándose en la región costa principalmente en las provincias de Guayas y Manabí, además, se destaca la producción nacional en Pichincha, Tungurahua, Azuay, Loja, Bolívar, (INEC, 2017).

2.2.2.3 Propiedades nutricionales del limón

Como todos los cítricos, el limón es muy rico en vitamina C, cuenta con propiedades intransigentes, actuando como diurético y antiséptico, se usa para bebidas y jarabes, además contiene un alto valor nutricional como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Valor nutricional del limón

| | | Valor nutricional (g/100g de parte comestible) | | | | |
|-------|------|---|----------|---------|-----------|-----------------|
| Limón | Agua | Cenizas | Glúcidos | Lípidos | Proteínas | Ácido ascórbico |
| | 90 | 0,4 | 9,6 | | 0,1 | 0,050 |

Fuente: (INEN, NTE INEN 1757, 2008)

2.2.2.4 Conservación

Los limones son considerados frutas no climatéricas, es decir, que una vez que han sido separadas del árbol se interrumpe su maduración, por lo cual deben ser recogidos en el momento exacto. Deben conservarse en un lugar fresco, evitando el contacto con frutas que desprenden etileno ya que estas aceleran la aparición de mohos (OCU, 2018).

2.2.2.5 Estado de maduración

La madurez del limón puede determinarse principalmente por su color y textura, además, se puede establecer mediante la acidez titulable y el porcentaje de jugo.

En la tabla 2 se muestran los requisitos que deben cumplir para la determinación del estado de madurez de 3 variedades de limón (NTE INEN 1757, 2008).

Tabla 2. Requisitos fisicoquímicos del limón de acuerdo con su estado de madurez

| Requisito | Unidad | Verde | Pintón | Maduro | Método de ensayo |
|---------------------------|-----------------|-------|--------|--------|------------------|
| Acidez titulable | | | | | |
| Limón Tahití | Fracción másica | 6,43 | 6,22 | 6,12 | NTE INEN 750 |
| Limón Sutil | expresada en % | 5,77 | 4,48 | 5,39 | |
| Limón Meyer | | 4,72 | 3,13 | 2,60 | |
| Porcentaje de jugo | | | | | |
| Limón Tahití | Fracción másica | 35,00 | 38,00 | 42,00 | NTE INEN 1757 |
| Limón Sutil | expresada en % | 37,00 | 42,00 | 49,00 | |
| Limón Meyer | | 35,00 | 35,00 | 38,00 | |

Fuente: (INEN, NTE INEN 1757, 2008)

2.2.3 Pectina

La pectina, químicamente es un polisacárido, que se encuentra en las paredes celulares de frutas y vegetales, está compuesta por una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, que al ser unidas constituyen el ácido poli galacturónico (Vanaclocha, 2014).

La pectina es una sustancia neutra, no cristizable, insoluble en agua e incolora, es un aditivo que actúa como gelificante, espesante, emulsificante y estabilizante, esto hace que sea un ingrediente versátil y funcional empleado en la industria de alimentos. Sin embargo, se puede emplear en la industria farmacéutica para la producción de fármacos (Franco, 2022).

La pectina comercial se la encuentra en presentaciones de (líquido y polvo), naturalmente son extraídas de frutos cítricos (naranja, limón) o también de otras frutas como la manzana y el membrillo, por lo que, la cantidad de pectina que se obtiene depende del estado de madurez del fruto (Vinueza, 2014).

En la figura 2 se muestra la cadena lineal de la estructura de la pectina.

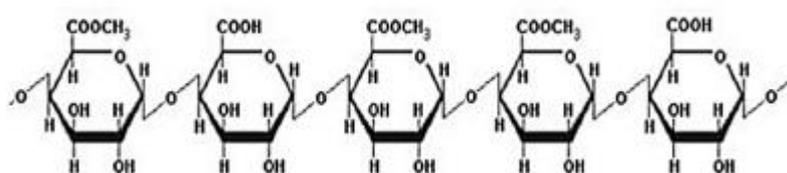


Figura 2. Región de la cadena lineal de la estructura de la pectina

Fuente: (Yoc, 2020)

2.2.3.1 Origen

La pectina se descubrió por primera vez en 1790 por Vauquelin en los zumos de frutas. Sin embargo, el científico francés Braconnot decidió continuar con el trabajo de Vauquelin, por lo que, en 1825 decidió que sea el primer agente gelificante. Lo llamo

“pectina” derivado del griego “pectos” que significa “solidificado coagulado” (Moscoso, 2015). En el año 1916 los científicos Enlich y Suárez dieron a conocer el aislamiento del ácido D-galacturónico, siendo el componente primordial de las pectinas (Franco, 2022).

2.2.3.2 Propiedades generales de las pectinas

Las propiedades funcionales de las pectinas dependen de factores intrínsecos como: peso molecular, grado de esterificación (materia prima, estado de madurez, entre otros) y por factores extrínsecos: condiciones de pH, azúcar y sales disueltas, estos factores interactúan para determinar las propiedades reológicas específicas de las pectinas también, se considera que las propiedades pueden llegar a depender del proceso de extracción y tratamiento térmico (capacidad de formación de geles).

2.2.3.3 Clasificación de la pectina

Las pectinas se clasifican de acuerdo al porcentaje de metoxilación, el cual, influye en las propiedades de la pectina primordialmente en las condiciones de gelatinización.

2.2.3.3.1 Pectinas de alto metoxilo

Las pectinas de alto metoxilo determinan el grado de esterificación, presentan del 50% y 80% de esterificación no forman geles si no es en medios azucarados que contengan más del 60% de azúcar, el pH óptimo comprende entre 2 – 3.5 (Saavedra, 2015).

Las pectinas de alto metoxilo se pueden emplear para la fabricación de confituras con una concentración elevada de sólidos solubles y para la producción de caramelos masticables, entre otros (Vanaclocha, 2014).

En la tabla 3 se muestran los diferentes tipos de pectinas cada una de estas dependen de las características del producto, el tiempo y la temperatura de envasado.

Tabla 3. Tipos de pectina (HM) y sus características

| Tipo de pectina | Grupos carboxílicos esterificados | T °C de gelificación | Tiempo de gelificación |
|----------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------|
| Cuajado rápido | >68% | Relativamente alta | Corto |
| Cuajado medio rápido | >60% y <68% | Media | Medio |
| Cuajado lento | <60% | Baja | Largo |

Fuente: (Yoc, 2020)

2.2.3.3.2 Pectinas de Bajo metoxilo

Las pectinas de bajo metoxilo son aquellas menores al 50% la formación de geles y los mecanismos son totalmente diferentes, debido a que, la unión de cadenas se produce a través de iones de calcio. Además, no necesitan de azúcar para gelificar, es por ello que se requiere poca o ninguna cantidad de la misma, el pH óptimo para la formación de estos geles está en un intervalo de 2,5 a 6,5, por lo que, no llegaría afectar su textura y los sólidos solubles (Yoc, 2020).

La tabla 4 se presentan los valores límites de algunos parámetros fisicoquímicos en cuanto a las pectinas de bajo metoxilo.

Tabla 4. Características de las pectinas alimenticias de bajo metoxilo (LMP)

| Característica | Contenidos límites |
|-----------------------------|--|
| % de esterificación | 18 – 39 |
| % de amidación | 12 – 85 |
| pH gelificación óptimo | 3 – 4,2 |
| pH de disolución a 1% | 3,3 – 5,2 |
| Pérdida por secado (%) | ≈ 12 |
| Arsénico (ppm) | < 3 |
| Plomo (ppm) | < 10 |
| Cobre (ppm) | < 60 |
| Gérmenes patógenos | Ausencia |
| Gérmenes totales por gramos | < 1000 |
| Aspecto | Polvo fino color crema |
| Granulometría | Rechazo inferior al 1% en tamiz de abertura 0,31mm |

Fuente: (Saavedra, 2015)

2.2.3.4 Parámetros fisicoquímicas de la pectina

Los parámetros fisicoquímicos a tomar en cuenta para la determinación de una pectina de calidad son: peso equivalente, acidez libre, grado de metoxilo, grado de esterificación y grado de ácido galacturónico.

2.2.3.4.1 Peso equivalente

Es conocido como masa equivalente de una sustancia específica, la cual genera una reacción con un mol de iones de hidrógeno, reacción de un ácido o base que proporciona o consume un mol de protones (H^+) o de iones de hidroxilo (OH^-). Tiene dimensiones y unidades de masa (Mendoza, Jiménez, & Ramírez, 2017).

El peso equivalente es un parámetro que evalúa la calidad de la pectina por lo que se encuentra relacionado con el grado de esterificación y la metoxilación (Posada, 2019).

2.2.3.4.2 Acidez libre

Es la cantidad de ácidos libres que se encuentran presentes en un material, se determinan cuando una base fuerte busca neutralizar una solución, para ello, se puede medir mediante titulaciones ácido – base donde se utiliza un indicador como, por ejemplo, la fenolftaleína (Cavero, 2020).

2.2.3.4.3 Grado de metoxilo

El grado de metoxilo está determinado por la cantidad de grupos metoxilo (-OCH₃) presentes en su estructura molecular, es un parámetro clave que afecta directamente en las propiedades físicas y funcionales de la pectina como su capacidad para formar geles, la solubilidad y estabilidad. Girma & Worku (2016), han su estudio "Extracción y Caracterización de Pectina de Seleccionados Residuos de cáscaras de frutas" han fijado el 7% de metoxilación como la línea divisora para diferenciar las pectinas de alta y baja calidad.

En la hidrólisis ácida, el grupo metoxilo (CH₃O-) se separa de la molécula original (RCOOCH₃) y se convierte en metanol (CH₃OH). El ácido presente actúa como catalizador para favorecer la ruptura del enlace éster y la liberación del metanol.

El grado de metoxilo de la molécula inicial moderará la velocidad y eficiencia de la hidrólisis ácida. Cuanto mayor sea el grado de metoxilo, más fácilmente se producirá la separación del metanol y el ácido carboxílico. Por otro lado, si la molécula tiene un bajo grado de metoxilo, la reacción puede ser más lenta y requerir condiciones más severas para completarse (Girma & Worku, 2016).

2.2.3.4.4 Grado de esterificación

El grado de esterificación se refiere a la proporción de unidades de ácido galacturónico que están esterificados con grupos metilo y grupos carboxilo en la cadena de pectina. Si el grado de esterificación es alto, significa que hay más grupos metoxilo en la cadena de pectina, lo que resulta en una menor interacción entre las cadenas de pectina y por lo tanto en una menor capacidad de formar geles. Por el contrario, si el grado de esterificación es bajo, significa que hay más grupos carboxilo en la cadena de pectina, lo que facilita la formación de geles más firmes y estables (Chasquibol et al., 2008).

Una de las características más importantes en la formación del gel es el grado de esterificación, ya que ayuda a determinar la conformación y propiedades reológicas de las pectinas, además, a mayor grado de esterificación superior al 50% el gel será

más fuerte y la pectina gelificará a concentraciones de sólidos solubles mayores a 55° Brix y pH de 2 a 3,5, las condiciones son adecuados para la aplicación en mermeladas y confitería. Las pectinas de bajo metoxilo presentan un grado de esterificación inferior al 50% por lo que su capacidad es reducida para la formación de geles (pH de 2 a 6,5) en presencia de azúcares y ácidos. Son más solubles en agua y se utilizan en bebidas y productos lácteos (Chasquibol et al., 2008).

2.2.3.4.5 Grado de Ácido galacturónico

El ácido galacturónico es un monosacárido ácido que forma parte de los polisacáridos llamados pectinas, son componentes importantes de la pared celular de las plantas. Su estructura química básica incluye una cadena de carbono con un grupo carboxilo (-COOH) y varios grupos hidroxilos (-OH). (Aviña et al., 2016).

El ácido galacturónico se protona, lo que genera una carga positiva en el grupo carboxilo, esto hace que el enlace carbono-oxígeno sea más susceptible a la hidrólisis, lo que conduce a la rotura del enlace y a la liberación de un radical positivo, después se produce la hidrólisis del enlace glucosídico que une al ácido galacturónico con otras moléculas de pectina. La pureza del ácido galacturónico se determina principalmente por la concentración de esta molécula en la muestra analizada. (Aviña et al., 2016).

Este parámetro está relacionado con la pureza de la sustancia péctica por lo que debe ser mayor al 60% para considerar que la pectina sea pura (Rodríguez et al., 2023).

Las pectinas son sustancias coloidales que se encuentran formadas por cadenas de ácidos D-galacturónicos unidos por enlaces a (1-4) con cadenas laterales de L-arabinosa y D-galactosa, además, el ácido galacturónico es un ácido urónico que forma parte de la estructura de la pectina (Aviña et al., 2016).

En aplicaciones industriales y alimentarias el ácido galacturónico es de gran importancia para garantizar la consistencia y la calidad de los productos como mermeladas, jaleas y productos lácteos. (Rodríguez et al., 2023).

2.2.3.5 Métodos de extracción de pectinas

Existen varias metodologías para el proceso de extracción de pectina, los factores a considerar son: temperatura, pH, tipo de ácido y tiempo de extracción, además, es necesario el uso de reactivos disolventes y equipos que no dejen residuos tóxicos en

el producto final. Además, se debe cumplir con algunos parámetros fisicoquímicos, tales como: grado de gelificación, grado de esterificación, porcentaje de cenizas, humedad, ácido galacturónico entre los más conocidos (Franco, 2022).

2.2.3.5.1 Extracción de pectina por el método convencional o hidrólisis ácida

En este método se puede usar diferentes ácidos como el sulfúrico, fosfórico, clorhídrico o nítrico que son ácidos fuertes, y como ácido débil el cítrico, la extracción se la puede realizar a diferentes temperaturas en un rango de 70 a 95°C, las condiciones de pH están entre 2 - 3,5 en tiempos relativamente cortos (30-120min). En este proceso depende del pH entre más ácido mayor será el rendimiento (Fustamante & Valdera, 2019).

- **Ácido cítrico**

El ácido cítrico es un ácido orgánico utilizado en la industria de alimentos en bebidas, farmacéuticos, entre otros. Es empleado como agente acidificante, antioxidante (previene la oxidación de alimentos) y como estabilizante en distintas variedades de alimentos (Moscoso, 2015).

En la actualidad la producción comercial de ácido cítrico se realiza a través de procesos fermentativos utilizando microorganismos como el *Aspergillus niger* debido a su capacidad para producir grandes cantidades.

- **Ácido clorhídrico**

El ácido clorhídrico también conocido como "ácido fuerte", se disocia completamente en disolución acuosa, es utilizado como reactivo químico en la producción de cloruros, cloratos, cloraminas, los fertilizantes, en la industria de galvanoplastia, en la fotografía, textiles y en la industria de cauchos.

2.2.3.5.2 Extracción enzimática

Las enzimas son proteínas especializadas que actúan como biocatalizadores en los organismos vivos, estas moléculas son primordiales para acelerar y regular las reacciones químicas dentro de las células (Fustamante & Valdera, 2019).

La extracción enzimática es aquel proceso donde se utiliza enzimas purificadas de origen microbiano o extractos enzimáticos crudos que son provenientes del cultivo de bacterias, levaduras u hongos, además es más selectiva con menor impacto ambiental en comparación a los métodos químicos, por lo mismo, aún se realizan

investigaciones para aplicaciones industriales eficientes y sostenibles (Rengifo & Macías, 2019).

Los rendimientos de pectina que se han extraído mediante el método enzimático son muy variables y dependerán del sustrato o tipo de enzima que se utilice.

2.2.4 Ají rocoto (*Capsicum pubescens*)

El ají pertenece al género *Capsicum*, su nombre científico deriva del griego *kapso* (picar) y de otros de *kapsakes* (cápsula). Este género pertenece a la familia de las Solanáceas (Haro & Montenegro, 2015).

El ají es una planta anual herbácea, su tallo es leñoso, posee una forma de arbusto, comúnmente sus flores son de color blanco o a su vez verdoso. Además, el ají puede variar de color y el tamaño según la especie.

2.2.4.1 Origen

Para Lema (2018), el ají es una especie originaria de América centrándose principalmente en Colombia y es consumida como productos frescos, secos o procesados. Se considera que, a nivel mundial, el ají representa una de las siete hortalizas más cultivadas, en Ecuador existen alrededor de 20 especies de ají, siendo las más comunes, el ají criollo, ají ratón y el ají rocoto su consumo es muy elevado ya que se lo utiliza ampliamente en la gastronomía ecuatoriana.

2.2.4.2 Morfología del ají

El ají está compuesto por 4 partes muy fundamentales, las cuales son: piel, pulpa, placenta y semillas. Además de Exocarpio, mesocarpio, endocarpio, cáliz y ápice (González, 2018).



Figura 3. Estructura del ají rocoto
Fuente: (Lema, 2018)

Endocarpio: es la parte interior del ají donde se encuentra la pulpa y las semillas.

Mesocarpio: es la pulpa que contiene la mayor parte de agua del fruto, encontrándose entre la fibra y la piel.

Exocarpio: es la piel que recubre a la hortaliza (González, 2018).

El pedúnculo es una ramita que se encuentra adherida en la parte superior del fruto posteriormente sigue el cáliz que es la base estructural de la flor, comúnmente es de color verde.

Las semillas, tienen un bajo porcentaje de agua, de acuerdo a su aspecto, son redondas o planas de color negro o café. Generalmente se dice que los ajíes tienen el mayor picante en las semillas, pero por lo general también dependerá de la especie.

La placenta es el órgano encargado de los intercambios metabólicos, entre frutos y semillas, el color puede ser rojizo, blanco o amarillo.

Las glándulas de capsaicina, que le da ese picor al ají, se encuentran entre la placenta y el endocarpio (González, 2018).

2.2.4.3 Valor nutricional del ají rocoto

El ají presenta un valor nutritivo muy alto en comparación a otras hortalizas contienen vitaminas A, C, B1, B2 Y P. Cuando el ají es recolectado, tiene a aumentar el porcentaje de ácido nicotínico y glúcidos. La tabla 5 muestra los compuestos del fruto de esta especie.

Tabla 5. Composición de la hortaliza, por 100g del producto comestible

| Por 100g de peso neto | Mínimo | Máximo |
|-----------------------|---------|----------|
| Agua | 20,7 g | 93,1 g |
| Hidratos de carbono | 5,3 g | 63,8 g |
| Proteínas | 0,8 g | 6,7 g |
| Extracto etéreo | 0,3 g | 0,8 g |
| Fibra | 1,4 g | 23,2 g |
| Cenizas | 0,6 g | 7,1 g |
| Calcio | 7,0 mg | 116,0 mg |
| Fósforo | 31 mg | 200,0 mg |
| Hierro | 1,3 mg | 15,1 mg |
| Caroteno | 0,03 mg | 25,2 mg |
| Tiamina | 0,03 mg | 1,09 mg |
| Riboflavina | 0,07 mg | 1,73 mg |

Fuente: (Haro & Montenegro, 2015)

2.2.4.4 Capsaicina y Dihidrocapsaisina

La capsaicina y la dihidrocapsaisina son los principales componentes del ají, estos componentes son alcaloides, aparentemente inafectables por el frío o el calor. La dihidrocapsaisina es un análogo de la capsaicina, debido a que actúa de manera similar cuando entra en contacto con los receptores celulares (Haro & Montenegro, 2015).

Para Balseca & Rivadeneira (2013), el ají rocoto tiene un bajo contenido de capsaicina en relación a su alto contenido de oleoresina, sin embargo, es considerado como los ajíes más picantes.



Figura 4. Estructura química de la capsaicina
Fuente: (Villavicencio, 2016)

2.2.4.5 Producción de ají en Ecuador

La producción de ají se realiza de forma poco comercial, debido a que su uso no es tan intensivo para la industrialización, pese a ello en el Ecuador se cultiva en zonas costeras en las siguientes provincias, Esmeraldas, Santo Domingo, Guayas, Santa Elena, entre otros (Rivera, 2023).

2.2.5 Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*)

El maracuyá, es una fruta tropical perteneciente a la familia de las Pasifloráceas, es una planta propia de zonas tropicales y subtropicales, es rica en proteínas, minerales, vitaminas, carbohidratos y grasa, además, es originaria de la región amazónica de Brasil (Saavedra, 2015).

El maracuyá, principalmente se cultiva para el aprovechamiento de jugo, lo cual, puede ser consumido como refresco o ser industrializado para la elaboración de licores, jaleas, confites, concentrados, mermeladas, entre otros. La cáscara es usada para la alimentación de ganado, este residuo puede ser reutilizado en la extracción

de pectina a su vez utilizado en la industria alimentaria para mermeladas o confitería el cual ayuda a obtener una mayor consistencia en jaleas y gelatinas. La semilla contiene entre 20 – 25% de aceite, puede ser utilizado en la fabricación de aceites, tintes entre otros (INIAP, 2014).

2.2.5.1 Estructura de maracuyá

Está dividida en 3 capas las cuales son las siguientes:

- **Exocarpio:** también denominada epidermis eterna, es la cáscara del fruto cuyo aspecto es dura y rugosa de color amarillento, cubierto de un cerumen que le da el brillo a la fruta.
- **Mesocarpio:** Esta parte es suave y porosa de aspecto blando, varía conforme a su estado de madurez, la composición de esta capa es de pectina, el grosor es de 5mm.
- **Endocarpio:** se refiere a la parte interna, su aspecto es de una bolsa la cual está formada por funículos donde se encuentra el jugo y abarca las semillas está separado del mesocarpio por un tejido parenquimático (Chumbes, 2020).

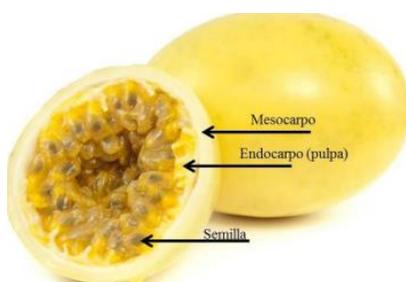


Figura 5. Estructura maracuyá

Fuente: (Castillo, 2014)

2.2.5.2 Composición fisicoquímica de maracuyá

Generalmente la composición de la fruta de maracuyá es cáscara 50 – 60%, jugo 30 – 40%, semilla 10 – 15%, resaltando que el jugo es de mayor importancia. (Cañizares & Jaramillo, 2015).

En la tabla 6 se muestra la composición fisicoquímica del fruto.

Tabla 6. Composición Físicoquímica de maracuyá

| Parte | Porcentaje |
|----------------|------------|
| Corteza | 59,50% |
| Zumo | 32,50% |
| Semillas | 10% |
| Sustancia seca | 26,50% |
| Agua | 73,50% |
| Zumo final | 27,50% |
| Pulpa | 4% |
| Restante | 9% |
| Oleo | 2% |

Fuente: (Chumbes, 2020)

2.2.5.3 Producción de maracuyá en Ecuador

En Ecuador la producción de maracuyá se da en las regiones subtropicales durante el verano, sin embargo, este fruto se cosecha casi en todo el año, entre abril – septiembre y diciembre – enero (Pozo, 2021).

La recolección de maracuyá se realiza de forma manual y en sacos, el fruto tiende a caer de manera natural, por ello se debe recolectar cada 2 semanas.

El cultivo de maracuyá generalmente se da en la región costera del país, correspondientes a las siguientes provincias como: Esmeraldas, Manabí, Guayas, El Oro y Santo Domingo. (Pozo, 2021).

2.2.6 Mermelada

Según NTE INEN (1988), menciona que la mermelada es una conserva de frutas obtenido por la cocción de frutas mezclado con azúcares entre otros aditivos hasta lograr una consistencia adecuada como, textura firme, untosa, sin llegar a ser dura, en el caso de usar trozos de fruta deben estar esparcidos durante toda su mezcla.

La mermelada presentara un color característico dependiendo de la variedad o variedades de fruta empleada, su olor y sabor serán los característicos del producto, debe ser conservada en lugares frescos u oscuros. En la actualidad la mermelada es un método popular que ayuda a preservar la fruta.

2.2.6.1 Componentes de la mermelada

2.2.6.1.1 Acidulantes

Los acidulantes son considerados también antioxidantes, reguladores de pH lo cual ayudan a mantener la calidad del producto aumentando su vida útil al proteger del daño que genera la oxidación. Además, algunos acidulantes pueden mejorar

sabores, en algunos casos llegan a actuar como conservantes naturales lo que inhibe el crecimiento de microorganismos no deseables (Vega, 2021).

Existen una gran variedad de acidulantes utilizados en la industria alimentaria entre ellos:

2.2.6.1.2 Ácido cítrico (E-330)

Conservante excepcional por su capacidad de inhibir microorganismo, su máximo efecto se da en alimentos ácidos menores a pH de 6,5. Además, ayuda a equilibrar y realzar el sabor primordialmente en productos que son naturalmente dulces, en ciertas condiciones puede actuar como antioxidante el cual ayuda a preservar la calidad y frescura de los alimentos al inhibir la oxidación de lípidos y otros componentes.

En la industria alimentaria se utiliza en la fabricación de bebidas carbonatadas, refrescos, verduras fermentadas, zumos de frutas, ensaladas preparadas, vinos y sidras, vinagre, margarinas, productos lácteos (yogures, quesos), entre otros productos para proporcionar acidez y mejorar el sabor.

2.2.6.1.3 Conservantes

Vega (2021), refiere que los conservantes son considerados como sustancias químicas que sirven para ralentizar el deterioro de un alimento, con la finalidad de que se conserve todas sus propiedades durante más tiempo.

Entre los conservantes encontramos, inorgánicos y orgánicos.

Inorgánicos: Se producen de manera sintética, son más económicos que los orgánicos.

Ejemplo: nitritos y nitratos.

Orgánicos: Tienen una alta actividad conservadora, ayudando a prevenir la aparición de bacterias y hongos.

Ejemplo: Sorbato de potasio

Sorbato de potasio es el principal conservante utilizado en la confitería

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación el sorbato de potasio conocido también como ácido sórbico ha sido aprobado y recomendado es muy utilizado en la industria alimentaria, empleándolo como conservante debido a su acción antimicrobiana,

previniendo la capacidad de que se desarrollen microorganismos, ofrece mayor calidad e inocuidad, y conserva sus características organolépticas del producto.

2.2.6.2 Requisitos de la mermelada de frutas

En la tabla 7 se describen los requisitos que debe cumplir la mermelada según la norma 419.

Tabla 7. Requisitos de la mermelada de frutas

| Características | Unidad | Min | Máx. | Método de ensayo |
|-------------------------------------|------------------|-----|------|------------------|
| Sólidos solubles (a 20°C) | % m/m | 65 | - | INEN 380 |
| pH | | 2,8 | 3,5 | INEN 389 |
| Ácido ascórbico | Mg/kg | - | 500 | INEN 384 |
| Dióxido de azufre | Mg/kg | - | 100 | * |
| Benzoato sódico, sorbato de potasio | Mg/kg | - | 1000 | * |
| Mohos | Campos positivos | - | 30 | INEN 386 |
| Cenizas | °/° m/m | | ** | INEN 401 |

Fuente: (INEN, Conservas de vegetales; Mermeladas y frutas., 1988)

2.2.7 Envases

Para la mermelada los envases son de gran importancia para la conservación, los envases deben ser de material de vidrio ya que ofrece una excelente barrera contra la humedad y los olores externos, ayuda a mantener la frescura y el sabor del producto, además, permite ver claramente el contenido siendo atractivo ante los consumidores. Para uso comercial los frascos de vidrio pueden ser de cualquier forma y tamaño.

Es importante tomar en cuenta que al momento de elegir un envase se debe considerar varios factores como la protección interna y externa del producto, facilidad de uso para el consumidor.

Formulación

Después de haber realizado una serie de pruebas experimentales en la variación de pulpa de ají y pulpa de maracuyá se determinó que la mejor combinación para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá es 50/50.

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La investigación muestra un enfoque cuantitativo, debido a que se realizará la comparación de dos métodos de extracción de pectina con dos diferentes estados de maduración y dos tipos de ácidos en cuanto a su rendimiento y calidad de la pectina será determinada mediante pruebas fisicoquímicas, como: grado de esterificación, grado de metoxilo, ácido galacturónico.

Además, que, presenta un enfoque cualitativo ya que se evaluó aspectos sensoriales como olor, color, sabor, viscosidad y aceptabilidad del producto mediante una prueba de evaluación sensorial.

3.1.2. Tipo de Investigación

Para el desarrollo del presente trabajo se aplicó una investigación experimental debido a que se realizaron una serie de ensayos en los laboratorios de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, donde se hizo la comparación de dos métodos de extracción de pectina y se evaluó el mejor ensayo de acuerdo a calidad y rendimiento, misma que se aplicó en una mermelada de ají con maracuyá, lo que permitió manipular la variables independientes para determinar los efectos que tiene en las variables dependiente tales como, las características fisicoquímicas y sensoriales.

3.2. HIPÓTESIS

- **Hipótesis nula (Ho):**

La extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir de las cáscaras de limón no influye en la calidad y rendimiento de la pectina para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá.

- **Hipótesis alternativa (Hi):**

La extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir de las cáscaras de limón influye en la calidad y rendimiento de la pectina para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Esta investigación consta de dos etapas, la primera etapa está enfocada en la comparación de dos métodos y extracción de pectina mientras que la segunda etapa comprende la elaboración de la mermelada, es por ello que la pectina mejor evaluada de la primera etapa es la que se va a utilizar en la segunda.

Primera etapa: Extracción de pectina

Variable Independiente:

- **Estado de madurez**

Verde (4,72 % acidez)

Maduro (2,60% acidez)

- **Método de hidrólisis**

Hidrólisis ácida: ácido cítrico

Hidrólisis ácida: ácido clorhídrico

Hidrólisis enzimática: enzima pectin lyase

Variable dependiente:

- Rendimiento
- Calidad de pectina (grado de esterificación, metoxilo y ácido galacturónico)

Segunda etapa: Elaboración de mermelada

Variable Independiente:

- Porcentaje de pulpa de ají + maracuyá: 49,50%, 49%, 48,50%
- Porcentaje de pectina: 0,5% ,1% ,1,5%

Variable dependiente:

- Características fisicoquímicas y sensoriales de la mermelada de ají con maracuyá.

3.3.1 Operalización de variables

En la tabla 8, Se muestra la definición y operacionalización de variables de la primera etapa: extracción de pectina, por lo cual se menciona la dimensión, indicadores, técnicas e instrumentos que se usaron durante el desarrollo de esta etapa.

Tabla 8. Primera etapa: extracción de pectina

| Variable | Dimensión | Indicadores | Técnicas | Instrumento |
|---------------------------|---------------------------|--|---------------------------|--|
| V. Independiente | Estado de madurez | Verde (4,72 % acidez) Maduro (2,60% acidez) | Acidez titulable | NTE INEN-ISO 750 |
| | Método de hidrólisis | Hidrólisis ácida: ácido cítrico | Volumetría | NTE INEN-ISO 750 (Yoc, 2020) |
| | | Hidrólisis ácida: ácido clorhídrico Hidrólisis enzimática | Gravimetría Volumetría | (Benitez, 2022) Fustamante & Valdera (2019) |
| V. Dependiente | Rendimiento | Gramos de pectina obtenida | Gravimetría | (Sommano, et al., 2018) |
| Calidad de pectina | Parámetros fisicoquímicos | Grado de metoxilo | Gravimetría | (Owens, et al., 1952) |
| | | Grado de esterificación | Volumetría | |
| | | Grado de ácido galacturónico | Volumetría | |

Segunda parte: Formulación de mermelada de Ají con Maracuyá

En la tabla 9 Se puede evidenciar la definición y operacionalización respectiva para la formulación de una mermelada de ají con maracuyá.

Tabla 9. Segunda parte: Formulación de mermelada de ají con maracuyá

| Variable | Dimensión | Indicadores | Técnicas | Instrumento |
|---|---------------------------------------|--------------------------------------|--|--|
| V. Independiente Formulación de mermelada | Porcentaje de pulpa de ají + maracuyá | 49,50% 49% 48,50% | Gravimetría | Ensayos de laboratorio |
| | Porcentaje de pectina | 0,5% 1% 1,5% | Gravimetría | (Vinueza, 2017) |
| V. Dependiente Calidad de la mermelada de ají | Análisis Físicoquímicos | Sólidos solubles pH Viscosidad | Método Refractométrico Método Potenciométrico Método Reo métrico | NTE INEN 380 NTE INEN 389 Mendoza et al., (2017) |
| | Análisis sensorial | Olor Color Sabor Viscosidad | Prueba de escala hedónica | Ficha técnica hoja de catación |

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Determinación del estado de madurez del limón

En la determinación del estado de madurez del limón se realizó una acidez titulable de acuerdo a la norma NTE INEN-ISO 750, donde se agregaron 5 ml de muestra de zumo de limón con 50 ml de agua destilada en un vaso de precipitación, seguidamente se añadieron 3 gotas de indicador de fenolftaleína al 2%. Se titula la solución con hidróxido de sodio (0,1N).

El cálculo de la acidez titulable se realiza mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 1

$$\% \text{ Acidez} = \frac{A \times B \times C}{D} \times 100$$

Donde:

A: Cantidad en mL de NaOH gastado.

B: Normalidad de la base usada en la titulación (0,1 N).

C: Peso equivalente expresado en gramos de ácido cítrico.

D: Peso de la muestra en gramos.

3.4.2 Extracción de la pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática

Para el proceso de obtención de pectina se realizó con diferentes estados de madurez y dos métodos de extracción: hidrólisis ácida dos tipos de ácidos (cítrico y clorhídrico), e hidrólisis enzimática con la enzima pectin lyase, con el objetivo aplicar la pectina extraída en la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá. En las figuras 6 y 7 se presentan los diagramas de flujo para la extracción con hidrólisis ácida y en la figura 8 para la extracción con hidrólisis enzimática.

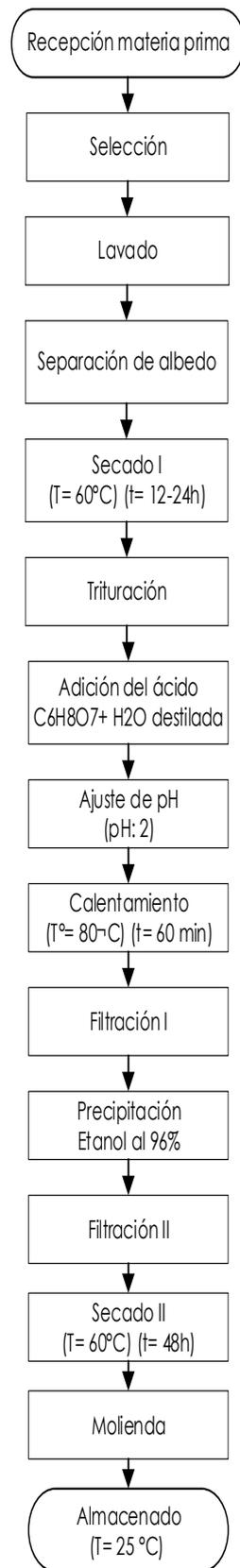


Figura 6. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis ácida (Ácido Cítrico)

Descripción del diagrama de flujo para la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida con Ácido Cítrico de grado reactivo para el estado de madurez verde y maduro.

Recepción de materia prima: Se verificaron que las cáscaras de limón estén en buena condición.

Selección: Se seleccionaron las cáscaras acuerdo a su estado de madurez separando la materia prima conforme y no conforme.

Lavado: Las cáscaras se sometieron a un lavado en agua durante 10 minutos, con la finalidad de eliminar sustancias solubles.

Separación del albedo: Se retiró la corteza y bagazo del limón dejando solo el albedo.

Secado I: Las muestras de albedo de limón se secaron una temperatura de 60°C, en un deshidratador industrial por 12 y 24 horas para el estado de maduración verde y maduro respectivamente.

Trituración: El albedo ya seco obtenido se trituró de manera cuidadosa hasta obtener un polvo.

Adición: Se pesaron 20g de albedo de limón en polvo, se agrega 200ml de agua destilada en un vaso de precipitación.

Ajuste de pH: Se ajustó su pH a 2 con cítrico de grado reactivo, tanto para el estado de maduración verde y maduro.

Calentamiento: Se calentó la mezcla a 80 °C durante 1 hora.

Filtración I: Se separaron los sólidos del líquido.

Precipitación: La fase acuosa resultante de proceso de filtración I se precipitó utilizando etanol comercial al 96% y se dejó reposar por un tiempo de 4 horas.

Filtración II: Se filtró el agua y el alcohol obteniendo un gel de pectina.

Secado: Se esparció el gel obtenido de manera uniforme sobre una caja Petri y se secó en el deshidratador a una temperatura de 60°C durante 48 horas.

Molienda: La pectina seca se sometió a un proceso de molienda hasta obtener una pectina en polvo.

Almacenado: Se envasó en fundas herméticamente selladas para así poder evitar la oxidación y humedecimiento de la pectina.

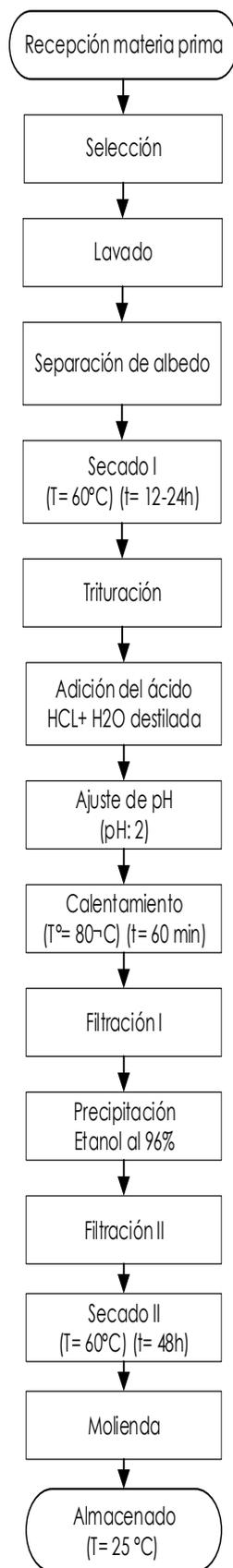


Figura 7. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis ácida (Ácido Clorhídrico)

Descripción del diagrama de flujo para la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida con Ácido Clorhídrico para el estado de madurez verde y maduro.

Recepción de materia prima: Se verificaron que las cáscaras de limón estén en buena condición.

Selección: Se seleccionaron las cáscaras acuerdo a su estado de madurez separando la materia prima conforme y no conforme.

Lavado: Las cáscaras se sometieron a un lavado en agua durante 10 minutos, con la finalidad de eliminar sustancias solubles.

Separación del albedo: Se retiró la corteza y bagazo del limón dejando solo el albedo.

Secado I: Las muestras de albedo de limón se secaron una temperatura de 60°C, en un deshidratador industrial por 12 y 24 horas para el estado de maduración verde y maduro respectivamente.

Trituración: El albedo ya seco obtenido se trituró de manera cuidadosa hasta obtener un polvo.

Adición: Se pesaron 20g de albedo de limón en polvo, se agrega 200ml de agua destilada en un vaso de precipitación.

Ajuste de pH: Se ajustó su pH a 2 con ácido clorhídrico, tanto para el estado de maduración verde y maduro.

Calentamiento: Se calentó la mezcla a 80 °C durante 1 hora.

Filtración I: Se separaron los sólidos del líquido.

Precipitación: La fase acuosa resultante de proceso de filtración I se precipitó utilizando etanol comercial al 96% y se dejó reposar por un tiempo de 4 horas.

Filtración II: Se filtró el agua y el alcohol obteniendo un gel de pectina.

Secado: Se esparció el gel obtenido de manera uniforme sobre una caja Petri y se secó en el deshidratador a una temperatura de 60°C durante 48 horas.

Molienda: La pectina seca se sometió a un proceso de molienda hasta obtener una pectina en polvo.

Almacenado: Se envasó en fundas herméticamente selladas para así poder evitar la oxidación y humedecimiento de la pectina.

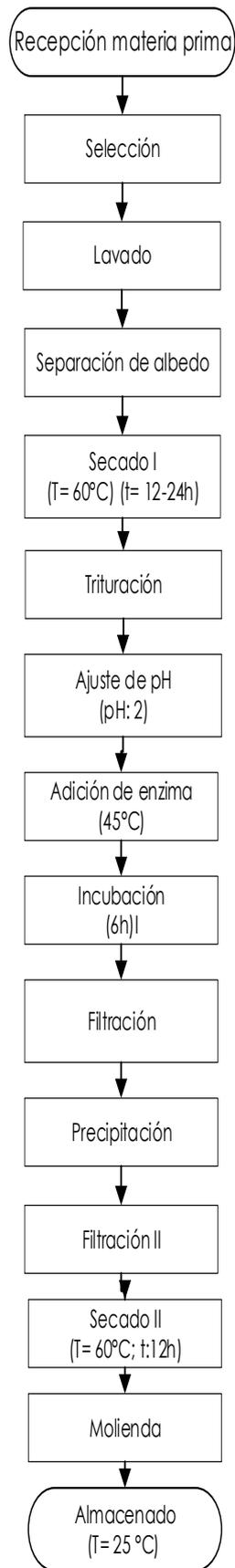


Figura 8. Diagrama de Flujo para la extracción de pectina mediante Hidrólisis enzimática pectin lyase.

Descripción del diagrama de flujo para la extracción de pectina mediante hidrólisis enzimática con la enzima Pectin Lyase para el estado de madurez verde y maduro.

Recepción de materia prima: Se verificó que la cáscara de limón esté en buena condición.

Selección: Se seleccionó de acuerdo a su estado de maduración separando la materia prima conforme y no conforme.

Lavado: La cáscara como tal se somete a un lavado en agua durante 10 minutos, con la finalidad de eliminar sustancias solubles.

Separación del albedo: Se retiró las cáscaras y el bagazo del albedo de limón.

Secado I: Se seca el albedo de limón a una temperatura de 60°C, en un deshidratador industrial por 12 y 24 horas para el estado de maduración verde y maduro respectivamente.

Trituración: El albedo seco que se obtuvo de la deshidratación se lo trituró de manera cuidadosa hasta obtener un polvo.

Ajuste de pH: Se preparó una solución buffer con ácido cítrico y citrato de sodio a pH de 2 en una solución de 200ml, temperatura de 45 °C.

Adición de enzima: Se peso 20g de albedo de limón y se añadió en un Erlenmeyer de 500ml seguido se adicionó la solución buffer y los 170 µl de enzima.

Incubación: La solución se acondicionó en una incubadora por un tiempo de 6 horas a una temperatura de 45°C.

Filtración: La mezcla hidrolizada se filtró a través de una tela fina, separando el material sólido de la fase líquida en la cual se encuentra disuelta la pectina.

Precipitación: La fase acuosa resultante de proceso de filtración I se precipitó utilizando etanol comercial al 96 %.

Filtración II: Se filtró el agua y el alcohol obteniendo un gel de pectina.

Secado: Se esparció el gel obtenido de manera uniforme sobre una caja Petri, y se secó en un deshidratador a una temperatura de 60°C durante 24 horas.

Molienda: Se molió la pectina extraída hasta tener un polvo homogéneo.

Envasado: Se envasó en recipientes herméticamente sellados para evitar la oxidación y humedecimiento de la pectina.

3.4.3 Pruebas de caracterización de pectina (Calidad)

La pectina a peso seco se caracterizó por medio de peso equivalente, acidez libre, porcentaje de metoxilo (%ME), grado de esterificación (%GE) y porcentaje de ácido galacturónico (%AGG) mediante las ecuaciones 2 a la 6 propuesta por (Owens et al., 1952)

La acidez libre es el inverso del peso equivalente, estas propiedades se cuantificaron mediante titulación con NaOH 0,1mol/L, se calculó el peso de la muestra y los miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación (Owens et al., 1952).

Ecuación 2

$$\text{peso equivalente} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{Meq (a) NaOH}}$$

Donde:

Meq A (NaOH) = meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido = mg de pectina

Ecuación 3

$$\text{acidez libre} = \frac{\text{meq A (NAOH)}}{\text{g componente ácido}}$$

Donde:

Meq A = meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido = mg de pectina

3.4.3.1 Grado de metoxilo

Para esta solución se agregó 25ml de hidróxido de sodio a 0,1N se agitó y dejó reposar por un tiempo de 30 min, posteriormente se agregó 25ml de ácido clorhídrico a 0,25 N, y se tituló con hidróxido de sodio a 0,1N hasta que se logró obtener una coloración rojiza por un tiempo de 20 segundos. Para lo cual se aplicó la ecuación 4.

Ecuación 4

$$\% \text{ metoxilo} = \frac{\text{meq. de NaOH} \times \text{PM del metoxilo}}{\text{peso de la muestra en mg}} \times 100$$

Donde:

meq. De NaOH = miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación

PM de metoxilo = peso molecular del metoxilo (CH₃O)

Peso de la muestra = miligramos de la muestra

3.4.3.2 Grado de esterificación

En este proceso se usó la ecuación 5 y se calcula en base a los meq gastados de NaOH en la determinación de acidez libre y contenido de metoxilo. Owens et al., (1952).

Ecuación 5

$$\% \text{ grado de esterificación} = \frac{\text{meq B}}{(\text{meq A} + \text{meq B})} \times 100$$

Donde:

meq A = miliequivalentes de NaOH a 0,1N usados en la determinación de la acidez libre.

meq B = miliequivalentes de NaOH a 0,1N usados en la determinación del contenido de metoxilo.

3.4.3.3 Ácido galacturónico

Con el uso de la ecuación 6 se determinó el % de ácido galacturónico y este está relacionado con la pureza de la sustancia péctica. La determinación de la acidez libre y de las unidades metiladas se relacionó mediante la anterior ecuación.

Ecuación 6

$$\% \text{ ácido galacturónico} = \frac{176.100 - (\text{meq A} + \text{meq B})}{\text{mg componente ácido}} \times 100$$

Donde:

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

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

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

Componente ácido = peso de la muestra (mg)

3.4.3.4 Rendimiento de la pectina

El cálculo de rendimiento se realizó mediante la fórmula propuesta por (Sommano et al., 2018).

Ecuación 7

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{\text{pectina seca (g)}}{\text{Peso materia prima (g)}} \times 100$$

3.4.4 Elaboración de mermelada

En la figura se muestra la elaboración de la mermelada

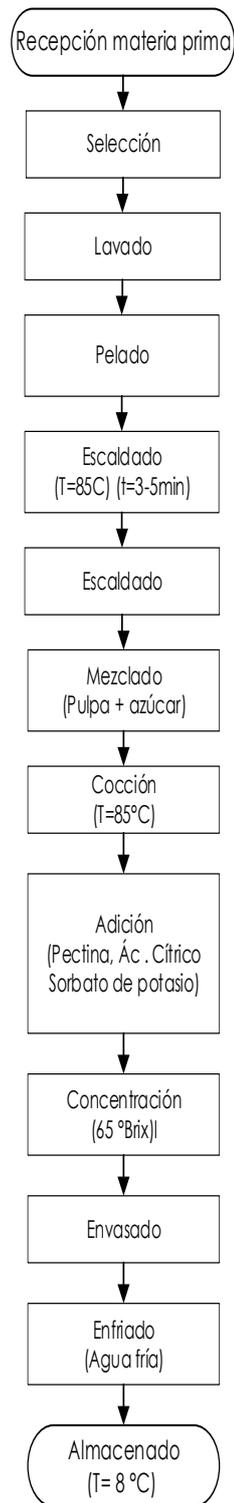


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de la mermelada de ají con maracuyá.

Descripción del diagrama de flujo para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá

Recepción: Se verificó que tanto el ají como el maracuyá estén en buen estado.

Selección: Se retiró la materia prima no conforme.

Lavado: Se realizó un lavado con agua, con la finalidad de poder eliminar la suciedad y/o restos de tierra adheridos en las superficies de las frutas.

Pelado: Se retiró las semillas del ají.

Escaldado: Se colocó en agua caliente a una temperatura de 85°C durante 3 a 5 minutos.

Mezclado: Se añadió la pulpa de ají con maracuyá y la azúcar.

Cocción: Se realizó una cocción a temperatura de 85°C.

Adición: Se añadió la pectina, ácido cítrico y el sorbato de potasio.

Concentración: Se concentró a 65 °Brix.

Envasado: Una vez lista la mermelada se envasó en frascos de vidrio previamente esterilizados.

Enfriado: El producto se enfrió con agua fría con la intención de causar un choque térmico.

Almacenamiento: Se refrigeró el producto a 8°C.

3.4.4.1 Análisis físico químicos

3.4.4.1.1 Sólidos solubles norma INEN 380

Para determinar el contenido de sólidos solubles para productos espesos como: jaleas, mermeladas, etc., se realizó a partir del método refractométrico, siguiendo los parámetros de la norma NTE INEN 380.

Se pesó en un vaso de precipitación 40g de la muestra de la mermelada de ají con maracuyá, se añadió 100 ml de agua destilada y se calentó la mezcla hasta su punto de ebullición, se mantuvo durante 2 minutos agitando con una varilla de vidrio, se enfrió y mezcló bien, posteriormente se dejó en reposo durante 20 min, se filtró la mezcla en un recipiente seco, y se reservó la mezcla para su determinación. Se usó un refractómetro digital de la marca HANNA modelo HI96801 diseñado específicamente para analizar el contenido de azúcar en soluciones acuosas, y se

colocó una gota de la muestra filtrada para obtener su resultado, su lectura se expresó en °Brix.

3.4.4.1.2 pH

En la determinación de concentración del ion Hidrógeno pH se cumplió con el procedimiento planteado por la NTE INEN 389.

La muestra corresponde a un producto espeso por lo que se colocó en un vaso de precipitación 10 ml de mermelada, agregando 100 ml de agua destilada y se agito suavemente. Posteriormente se determinó el pH introduciendo los electrodos del potenciómetro en la muestra, cuidando que no toquen las paredes del recipiente.

3.4.4.1.3 Viscosidad

La evaluación de la viscosidad se realizó mediante un Reómetro (MCR).

3.4.5 Análisis sensorial

Los análisis se realizaron a 50 jueces no entrenados, estudiantes de la Universidad Politécnica del Carchi mediante una ficha técnica "Hoja de catación", utilizando una escala hedónica de 5 puntos, se usó una prueba afectiva de escala hedónica.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.5.1 Análisis estadístico

Para el presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo un diseño experimental con siguientes factores y niveles de estudio:

3.5.1.1 Extracción de pectina

Factor A: Estado de madurez de limón

A1: verde (4,72% acidez)

A2: maduro (2,60% acidez)

Factor B: Tipo de método de hidrólisis

B1: Hidrólisis ácida: ácido cítrico

B2: Hidrólisis ácida: ácido clorhídrico

B3: Hidrólisis enzimática: enzima pectin lyase

3.5.1.2 Unidad experimental

En su unidad experimental se tomó en cuenta 20g de muestra para cada tratamiento de los diferentes estados de madurez.

3.5.1.3 Tratamientos

La tabla 10, señala los factores A y B los cuales son combinados para determinar el número de tratamientos a emplearse en la investigación, con un total de 6 tratamientos con 3 repeticiones obteniéndose así 18 unidades experimentales.

Tabla 10. Tratamientos extracción ácida y enzimática

| N° | Factor A Estado de madurez del limón | Factor B Tipo de método de hidrólisis | Tratamientos | Nomenclatura |
|----|---|--|--------------|--|
| 1 | Verde (4,72% acidez) | Hidrólisis ácida: ácido cítrico | A1B1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ V |
| 2 | Verde (4,72% acidez) | Hidrólisis ácida: ácido clorhídrico | A1B2 | HaHCLV |
| 3 | Verde (4,72% acidez) | Hidrólisis enzimática: enzima pectin lyase | A1B3 | HeV |
| 4 | Maduro (2,60% acidez) | Hidrólisis ácida: ácido cítrico | A2B1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M |
| 5 | Maduro (2,60% acidez) | Hidrólisis ácida: ácido clorhídrico | A2B2 | HaHCLM |
| 6 | Maduro (2,60% acidez) | Hidrólisis enzimática: enzima pectin lyase | A2B3 | HeM |

El diseño experimental que se utilizará en el desarrollo de la investigación, está enfocado mediante un diseño completamente al azar (DCA), la existencia de diferencias significativas entre los niveles se determinó mediante un ANOVA y test de Tukey empleando un nivel de significancia del 95% y 5% de error.

3.5.1.2 Formulación de mermelada

Después de haber realizado una serie de pruebas experimentales se determinó que el mejor ensayo para la formulación de una mermelada de ají con maracuyá es del 50% de pulpa de ají y 50% de pulpa de maracuyá.

El diseño experimental para la formulación de mermelada de ají con maracuyá género en diseño factorial (2²) los cuales son: cantidad de pulpa (50% ají y 50% maracuyá) y cantidad de pectina extraída (0,5 % 1,00 % 1,5 %). En este proceso se aplicó 3 diferentes porcentajes de pectina y un testigo para determinar su influencia en la mermelada.

Para determinar la aceptabilidad de la mermelada con la pectina extraída se realizó un análisis sensorial con 50 panelistas no entrenados.

Después de determinar la mejor pectina extraída de acuerdo a su rendimiento y calidad se formuló diferentes tratamientos como se muestra en la tabla 11, 12, 13 y un testigo como se observa en la tabla 14 para la formulación de la mermelada de ají con maracuyá con la adición de la pectina extraída.

Tabla 11. Formulación 1 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá

| Ingredientes | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Pulpa de ají + maracuyá | 49,50% |
| Azúcar | 49% |
| Pectina | 0,5% |
| Ácido cítrico | 0,5% |
| Sorbato de potasio | 0,5% |
| Total | 100% |

Tabla 12. Formulación 2 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá

| Ingredientes | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Pulpa de ají + maracuyá | 49% |
| Azúcar | 49% |
| Pectina | 1% |
| Ácido cítrico | 0,5% |
| Sorbato de potasio | 0,5% |
| Total | 100% |

Tabla 13. Formulación 3 para la elaboración de mermelada de ají con maracuyá

| Ingredientes | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Pulpa de ají + maracuyá | 48,50% |
| Azúcar | 49% |
| Pectina | 1,5% |
| Ácido cítrico | 0,5% |
| Sorbato de potasio | 0,5% |
| Total | 100% |

Tabla 14. Formulación 4 testigo o blanco

| Ingredientes | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Pulpa de ají + maracuyá | 49,50% |
| Azúcar | 49,50% |
| Ácido cítrico | 0,5% |
| Sorbato de potasio | 0,5% |
| Total | 100% |

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Primera etapa: extracción de pectina

En esta primera etapa de la investigación se determinó el estado de madurez del limón mediante acidez titulable, además se evaluó los parámetros fisicoquímicos en función de su rendimiento y calidad para determinar el mejor tratamiento.

4.1.1.1 Caracterización del estado de madurez del limón Meyer

La determinación del estado de madurez del limón se realizó mediante acidez titulable de acuerdo a la norma (NTE, INEN - ISO 750, 2013).

En la tabla 15 se presentan los resultados obtenidos del volumen gastado de NaOH 0,1 N en la titulación de acuerdo a su estado de madurez para ser evaluada con la ecuación 1 y determinar si está dentro de los rangos de la norma (NTE, INEN 1757, 2008).

Tabla 15. Acidez titulable

| N° de repeticiones | Verde (mL) | Amarillo (mL) |
|--------------------|-------------|---------------|
| 1 | 36,5 | 20,0 |
| 2 | 36,7 | 20,2 |
| 3 | 36,9 | 20,2 |
| Promedio | 36,7 | 20,13 |

Para determinar la acidez titulable en el estado de maduración verde y maduro se utilizó la ecuación 1.

4.1.1.1.1 Estado de madurez: Verde

Ecuación 1

$$\% \text{ Acidez} = \frac{A \times B \times C \times 100}{D}$$

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(36,7) (0,1) (0,064) \times 100}{(5)}$$

$$\% \text{ Acidez} = 4,69$$

4.1.1.1.2 Estado de madurez: Maduro

Ecuación 1

$$\% \text{ Acidez} = \frac{A \times B \times C \times 100}{D}$$

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(20,13) (0,1) (0,064) \times 100}{(5)}$$

$$\% \text{ Acidez} = 2,57$$

El limón Meyer en su estado de maduración verde tiene una acidez titulable de 4,69% mientras que en el estado de maduración maduro corresponde a 2,57 % los cuales se encuentran dentro de los rangos de la norma NTE, INEN 1757, 2008 que son, 4,72% para estado de madurez verde y 2,60% para estado de madurez maduro.

4.1.1.2 Rendimiento de pectina

El rendimiento de pectina se determinó en los dos métodos de extracción de acuerdo a su estado de madurez. Los resultados obtenidos del rendimiento de pectina de albedo de limón se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Rendimiento de pectina

| Tratamientos | Nomenclatura | Hidrólisis | Muestras | Media | Rango | p-valor |
|--------------|--|---------------------|---------------|-------|-------|---------|
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ V | ácido cítrico | Albedo verde | 24,71 | D | 0,0001 |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | | Albedo maduro | 29,40 | e | |
| T3 | HaHCLV | ácido clorhídrico | Albedo verde | 21,70 | C | |
| T4 | HaHCLM | | Albedo maduro | 21,82 | C | |
| T5 | HeV | Enzima pectin lyase | Albedo verde | 18,08 | B | |
| T6 | HeM | | Albedo maduro | 12,37 | A | |

En la tabla 16 se puede evidenciar que su p-valor es 0,0001 menor a 0,05 por lo que existe diferencia significativa entre los tratamientos, siendo el T2 (HaC₆H₈O₇M) diferente a los demás con una media de 29,40. Seguido del T1 (HaC₆H₈O₇V) con su media de 24,71. El porcentaje de albedo en la variedad de limón "Meyer" dependerá de su estado de madurez, entre más maduro este el fruto mayor será su contenido de albedo por ende se obtuvo un mayor rendimiento, además el ácido cítrico actúa de forma más efectiva en su materia prima y es menos corrosivo que el ácido clorhídrico. En el T3 (HaHCLV) y T4 (HaHCLM) son iguales estadísticamente con una media de 21,70 y 21,82 respectivamente ya que el ácido es más fuerte y poco selectivo. El T5 (HeV) y T6 (HeM) tienen una media de 18,08 y 12,37 siendo los más bajos de todos los tratamientos debido a que la extracción enzimática suele ser más selectiva, en este método el T5 tuvo un mayor resultado por que influye su tiempo y temperatura de extracción.

4.1.1.3 Caracterización fisicoquímica y calidad de la pectina

En la tabla 17 se muestra la caracterización de la pectina obtenida comparada con una pectina comercial marca AGROQUIM, C Ltda.

Tabla 17. Calidad y caracterización de la pectina

| Nomenclatura | Peso equivalente (mg/meq) | Acidez libre (mg/meq) | Grado de metoxilo (%) | Grado de esterificación (%) | Ácido galacturónico (%) |
|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Ficha comercial | 1070 | - | 7.6 | 72 | 66 |
| HaC ₆ H ₈ O ₇ V | 1237,07 | 0,80 | 6,60 | 72,43 | 35 |
| HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 1249,79 | 0,80 | 6,76 | 73,12 | 35 |
| HaHCLV | 1549,54 | 0,64 | 7,26 | 78,10 | 35 |
| HaHCLM | 1562,38 | 0,56 | 7,95 | 81,52 | 35 |
| HeV | 1534,25 | 0,61 | 13,33 | 87,00 | 35 |
| HeM | 1549,11 | 0,64 | 12,33 | 86,00 | 35 |

Como se muestra en la tabla 17 la caracterización de la pectina en grado de esterificación se encuentra dentro de los rangos establecidos de acuerdo a una pectina comercial de la marca AGROQUIM, C Ltda. El grado de metoxilo para el T1 (HaC₆H₈O₇V), T2 (HaC₆H₈O₇M) y T3 (HaHCLV) se encuentra por debajo de 7.6 % mientras que los otros tratamientos si cumplen con lo establecido. En el porcentaje de ácido galacturónico el resultado es inferior a los límites señalados debido a la presencia de impurezas. Su grado de esterificación oscila en un rango de 72 a 86 % categorizándose como una pectina de alto metoxilo del tipo médium rapid set.

Por otra parte, en cuanto a su calidad se obtuvo que el mejor tratamiento es el T5 (HeV) con su grado de metoxilo 13,33 siendo el más alto entre los tratamientos, su grado de esterificación obtuvo un valor de 87,00 % mayor al 50 % considerándose una pectina de alto metoxilo, la cual es adecuado para la formación de geles, jaleas y mermeladas, su porcentaje de ácido galacturónico es 35 mostrando la pureza de la pectina.

4.1.2. Segunda etapa: análisis fisicoquímicos y sensoriales de la mermelada

En la segunda etapa, se aplicó el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento T2 (Ha + M + pH 2,00 + 1h + 80°C) y a calidad T5 (He + V + pH 2,00 + 6h + 45°C) para la formulación de la mermelada.

4.1.2.1 Grados °Brix

En la tabla 18 se muestran los resultados de la medición de °Brix para cada uno de los tratamientos.

Tabla 18. Grados °Brix

| Tratamiento | Nomenclatura | Medias | Rango | p-valor |
|-------------|--|--------|-------|---------|
| T0 | Testigo | 68,13 | d | 0,0001 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 65,67 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 66,87 | a b | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 65,73 | a b c | |
| T4 | HeV | 66,07 | a b c | |
| T5 | HeV | 66,50 | b c | |
| T6 | HeV | 66,60 | c | |

En la tabla 18 se puede observar que su p-valor es menor a 0,05 lo que indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos y se determina que los grados Brix se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma NTE INEN 419 (65-68 °Brix) Cuyos resultados muestran que existe diferencia en el testigo T0 (testigo), T1 (HaC₆H₈O₇ M 0,5 %) y en el T6 (HeV 1,5 %).

4.1.2.2 pH

En la tabla 19 se indica el pH de todos los tratamientos incluyendo el testigo que no contiene pectina.

Tabla 19. Determinación de pH

| Tratamiento | Nomenclatura | Medias | Grupos | p-valor |
|-------------|--|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 3,32 | a | 0,07572 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,26 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,18 | a | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,13 | a | |
| T4 | HeV | 3,24 | a | |
| T5 | HeV | 3,32 | a | |
| T6 | HeV | 3,35 | a | |

En la tabla 19 se determinó que su p-valor 0,07572 es mayor a 0,05 por lo tanto no existe diferencia significativa entre los tratamientos por lo que son iguales. Sus valores están dentro de los rangos establecidos por la norma NTE INEN 0419, pH (2,8 – 3,5) incluyendo el testigo que no contenía pectina.

4.1.2.3 Viscosidad

En la tabla 20 se indica la viscosidad de todos los tratamientos incluyendo el testigo que no contenía pectina.

Tabla 20. Determinación de viscosidad

| Tratamiento | Nomenclatura | Medias | Grupos | p-valor |
|-------------|--|---------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 176,90 | A | 0,0001 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 309,32 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 1370,67 | b | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 1815,47 | c | |
| T4 | HeV | 342,28 | A | |
| T5 | HeV | 1584,77 | B | |
| T6 | HeV | 1840,15 | c | |

Se puede evidenciar que en la viscosidad su p-valor es 0,0001 menor que 0,05, lo cual indica que existe diferencia significativa entre las muestras, en el grupo (a) los valores en sus medias son inferiores debido a que en el T0 (Testigo) no contiene pectina por ende es considerado como un líquido, y para el T1 (HaC₆H₈O₇M) y T4 (HeV) el porcentaje de pectina aplicado fue de 0,5 %, en el grupo (b) se encuentra el T2 (HaC₆H₈O₇M) y T5 (HeV) con un 1,00 % de pectina, mientras que en el grupo (c) el porcentaje de pectina aplicado fue de 1,5 % por lo que T3 (HaC₆H₈O₇M) Y T6 (HeV) presentaron una viscosidad es relativamente alta debido al contenido de azúcar, pulpa y pectina dándole una consistencia gelatinosa, sin embargo, no hay un valor específico de viscosidad ya que puede variar ampliamente.

4.1.3 Análisis sensorial

En el análisis sensorial se desarrolló una prueba discriminativa para evaluar los aspectos sensoriales y determinar las preferencias que tienen los catadores, la evaluación se desarrolló a 50 jueces no entrenados mediante una hoja de cata con una escala hedónica de 5 puntos como se muestra en la tabla 21, los atributos que fueron evaluados son: (olor, color, sabor, viscosidad y aceptabilidad general).

Tabla 21. Escala de evaluación

| Puntaje | Aspecto |
|---------|----------------------------|
| 1 | Me disgusta mucho |
| 2 | Me disgusta |
| 3 | No me gusta ni me disgusta |
| 4 | Me gusta |
| 5 | Me gusta mucho |

El análisis de los diferentes tratamientos muestra que la inclusión de pectina en diversas concentraciones y bajo distintos métodos de hidrólisis (enzimática y ácida) y estados de madurez de la materia prima tiene un impacto notable en las variables sensoriales evaluadas: color, olor, sabor, viscosidad y aceptabilidad.

4.1.3.1 Prueba de normalidad.

En la tabla 22 se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial de la mermelada de ají con maracuyá, donde se determinó si su distribución es normal a través del método de Shapiro Willks.

Tabla 22. Prueba de normalidad Shapiro Willk para el análisis sensorial en la segunda fase.

| Parámetros | Prueba de normalidad Shapiro Willks | | | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-------|------|------|------------------|
| | N | Media | D.E | W* | P (Unilateral D) |
| Color | 350 | 3,82 | 0,85 | 0,86 | 0,0001 |
| Olor | 350 | 3,71 | 0,89 | 0,86 | 0,0001 |
| Sabor | 350 | 3,71 | 1,08 | 0,87 | 0,0001 |
| Viscosidad | 350 | 3,33 | 1,17 | 0,89 | 0,0001 |
| Aceptabilidad general | 350 | 3,68 | 0,91 | 0,87 | 0,0001 |

En la tabla 22 se indican que en los parámetros sensoriales con valor-p de 0,000; menor a 0,05 se rechazaron el supuesto de Normalidad, implicando así que al menos un dato no proviene de una distribución normal, por lo cual los resultados son analizados con pruebas no paramétricas como la de Kruskal Wallis.

4.1.3.2 Color

En la tabla 23, se indican los resultados que se obtuvieron en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro del color.

Tabla 23. Determinación del parámetro color

| Tratamiento | Nomenclatura | Medianas | Rango | Grupos | p-valor |
|-------------|--|----------|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 3,00 | 138,64 | a | 0,0002 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,00 | 132,39 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 184,66 | b | b |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 190,91 | b | |
| T4 | HeV | 4,00 | 190,80 | b | |
| T5 | HeV | 4,00 | 181,87 | b | |
| T6 | HeV | 4,00 | 205,30 | b | |

En la tabla 23 se obtuvo un p-valor de 0,0002 menor a 0,05 lo cual indica que existe diferencia significativa entre los tratamientos siendo el grupo (a) comprendido por el T0 (testigo) y el T1 (HaC₆H₈O₇M) los de menor aceptación con una valoración de “No me gusta, ni me disgusta” mientras que en el grupo (b) el T2 (HaC₆H₈O₇M), T3 (HaC₆H₈O₇M), T4 (HeV), T5 (HeV) y T6 (HeV) los de mayor aceptación con una valoración de “Me gusta”.

4.1.3.3 Olor

En la tabla 24, se indican los resultados que se obtuvieron en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro del olor.

Tabla 24. Determinación del parámetro olor

| Tratamiento | Nomenclatura | Medianas | Rango | Grupos | p-valor |
|-------------|--|----------|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 4,00 | 168,42 | a | 0,3437 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 160,42 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 170,90 | a | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 170,21 | a | |
| T4 | HeV | 4,00 | 175,53 | a | |
| T5 | HeV | 4,00 | 174,31 | a | |
| T6 | HeV | 4,00 | 205,08 | a | |

En el parámetro olor se puede evidenciar que su p-valor es 0,3437 mayor que 0,05 por lo que no existe diferencia significativa entre las muestras, debido a que la percepción de los catadores es similar en todos los tratamientos ya que estos tienen similitud en su composición química por lo que es posible que compartan aromas característicos.

4.1.3.4 Sabor

En la tabla 25, se pueden evidenciar los resultados que se obtuvieron en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro del sabor.

Tabla 25. Determinación del parámetro sabor

| Tratamiento | Nomenclatura | Medianas | Rangos | Grupos | p-valor |
|-------------|--|----------|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 4,00 | 173,54 | a b | 0,0224 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,00 | 137,82 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 166,76 | a b | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 201,08 | b | |
| T4 | HeV | 4,00 | 175,28 | a b | |
| T5 | HeV | 4,00 | 170,80 | a b | |
| T6 | HeV | 4,00 | 199,69 | b | |

En el sabor se determina que su p-valor es 0,0224 menor que 0,05 mostrando que existe diferencia significativa entre las muestras. Esto indica que los tratamientos afectan a la percepción del sabor de los alimentos de manera distinta. Siendo el grupo (a) T1 (HaC₆H₈O₇M) el menos aceptado con una valoración de "No me gusta ni me disgusta" mientras que el grupo (ab) correspondientes a los tratamientos T0 (Testigo), T2 (HaC₆H₈O₇M), T4 (HeV) y T5 (HeV) con una valoración de "Me gusta" así como también en el grupo (b) el tratamiento T3 (HaC₆H₈O₇M) y T6 (HeV).

4.1.3.5 Viscosidad

En la tabla 26 se indican los resultados que se obtuvieron en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro de la viscosidad.

Tabla 26. Determinación del parámetro viscosidad

| Tratamiento | Nomenclatura | Medianas | Rangos | Grupos | p-valor |
|-------------|--|----------|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 3,00 | 122,91 | a | 0,0001 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,00 | 125,28 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 226,88 | b | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 233,14 | b | |
| T4 | HeV | 3,00 | 136,02 | a | |
| T5 | HeV | 3,00 | 146,97 | a | |
| T6 | HeV | 4,00 | 232,76 | b | |

Existe diferencia significativa de todos los tratamientos en cuanto a su viscosidad debido a que su p valor es 0.0001 menor a 0.05. Para el grupo (a) el T0 no contenía pectina, en el T1 (HaC₆H₈O₇M) y T4 (HeV) se aplicó 0,5 % de pectina, y en el T5 (HeV) se aplicó 1,00 % estos tratamientos son considerados dentro de la escala de evaluación como "No me gusta ni me disgusta". En el grupo (b) se encuentra el T2 (HaC₆H₈O₇M) con un porcentaje de pectina de 1,00 % y el T3 (HaC₆H₈O₇M) y T6 (HeV) con un porcentaje de pectina aplicado de 1,5 % obteniendo una valoración de "Me gusta".

4.1.3.6 Aceptabilidad General

En la tabla 27, se indican los resultados que se obtuvieron en la evaluación sensorial en cuanto al parámetro de la aceptabilidad general.

Tabla 27. Determinación del parámetro aceptabilidad general

| Tratamiento | Nomenclatura | Medianas | Rango | Grupos | p-valor |
|-------------|--|----------|--------|--------|---------|
| T0 | Testigo | 3,00 | 143,72 | a | 0,0005 |
| T1 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 3,00 | 146,97 | a | |
| T2 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 182,96 | a b | |
| T3 | HaC ₆ H ₈ O ₇ M | 4,00 | 203,72 | b | |
| T4 | HeV | 4,00 | 156,96 | a | |
| T5 | HeV | 4,00 | 179,13 | a b | |
| T6 | HeV | 4,00 | 210,91 | b | |

En el parámetro de aceptabilidad general se puede evidenciar que existe diferencia significativa entre los tratamientos ya que su p-valor 0.0005 es menor a 0.05 por ende el grupo (a) correspondiente al T0 (Testigo), T1 (HaC₆H₈O₇M) obtuvieron una valoración de "no me gusta ni me disgusta" para el grupo (ab) el T2(HaC₆H₈O₇M) y T5 (HeV) tiene una aceptación de "Me gusta" así como también para el grupo (b) con el T3 (HaC₆H₈O₇M) y T6 (HeV).

4.1.3.7 Determinación global

En la tabla 28 se determinó tratamientos sobresalientes los cuales fueron evaluados en función de una escala hedónica de 5 puntos como se muestra en la tabla 21, los atributos evaluados son: (olor, color, sabor, viscosidad y aceptabilidad general).

Tabla 28. Determinación global

| Tratamiento | Color | Olor | Sabor | Viscosidad | Aceptabilidad general |
|-------------|-------|------|-------|------------|-----------------------|
| T0 | 3b | 4a | 4a | 3b | 3b |
| T1 | 3b | 4a | 3b | 3b | 3b |
| T2 | 4a | 4a | 4a | 4a | 4a |
| T3 | 4a | 4a | 4a | 4a | 4a |
| T4 | 4a | 4a | 4a | 3b | 4a |
| T5 | 4a | 4a | 4a | 3b | 4a |
| T6 | 4a | 4a | 4a | 4a | 4a |

En la tabla 28 los tratamientos T2 (HaC₆H₈O₇M con 1 % pectina), T3 (HaC₆H₈O₇M con 1,5 % pectina) y T6 (HeV con 1,5 % de pectina) obtuvieron puntajes de 4 "me gusta" presentando valores similares encontrándose en el grupo (a) siendo los más aceptados, los tratamientos T4 (HeV con 0,5 % pectina) y T5 (HeV con 1 % pectina) se encuentran dentro del grupo (a) y (b) por lo que en viscosidad obtuvieron valores de 3 "Ni me gusta ni me disgusta" el T0 testigo y T1 (HaC₆H₈O₇M), fueron los que menos aceptación obtuvieron encontrándose la mayor parte de sus parámetros con valores de 3 "Ni me gusta ni me disgusta".

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1 Primera etapa: extracción de pectina

En esta primera etapa de la investigación se determinó el estado de madurez del limón mediante acidez titulable, además se evaluó los parámetros fisicoquímicos en función de su rendimiento y calidad para determinar el mejor tratamiento

4.2.1.1 Caracterización del estado de madurez del limón Meyer

La determinación del estado de madurez del limón se realizó mediante acidez titulable, de acuerdo a la norma INEN 750 (2013).

En cuanto a los valores que se obtuvieron de acidez titulable para el estado de madurez fueron verde de 4,69% y maduro 2,57%, lo cual indica que cumplen con los rangos establecidos de acuerdo a la norma INEN 1757 (2008) que establece los máximos a los que el fruto debe llegar para verde son de 4,72 % y maduro de 2,60%.

4.2.1.2 Rendimiento

En el presente trabajo de investigación muestra que el método de extracción mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico, estado de madurez maduro presenta mayor porcentaje en cuanto al rendimiento 29,51 % (pH: 2; T: 80°C; t: 60 min), mientras que en el estado de madurez verde se obtuvo un valor de 24,70 %, dichos valores son similares a Ibarra & Ordoñez (2022). En su investigación obtención de pectina mediante albedo de limón tahití, realizaron la extracción por hidrólisis química con ácido cítrico obteniendo un rendimiento de 27,20 % (T: 59°C; t: 30min y 4,46 % concentración ácido) y afirman que el tiempo de extracción influye significativamente en el rendimiento ya que se maximiza cuando su tiempo es mayor debido a lo cual el valor óptimo del tiempo en el proceso de extracción de pectina es de 60 min.

Yoc (2020). En el estudio para la obtención de pectina a partir del mesocarpio de limón ponderosa aplicó la técnica de hidrólisis ácida con ácido cítrico y se obtuvo un rendimiento de 35,25 % (pH: 3; T: 90°C t: 40 min) siendo ligeramente superior a los resultados obtenidos, esto se debe a la variedad de limón ya que en el limón Meyer el grosor del albedo se encuentra entre 0,5-1,00 cm mientras que el limón ponderosa tiene un albedo entre 1 – 2 cm.

En la hidrólisis ácida con ácido clorhídrico, estado de madurez maduro se obtuvo un rendimiento de 21,82 % (pH: 2; T: 80°C; t: 60 min) y con estado de madurez verde de 21,70 %. Benitez (2022). En su investigación sobre la extracción de pectina de cáscara de limón mediante hidrólisis ácida con ácido clorhídrico obtuvo un rendimiento de 3,024 y 3,320 (pH: 1,5; T: 80°C; t: 60 min). Además, Púa et al., (2015). En su investigación sobre la extracción y caracterización de pectina de cáscara de limón tahití mediante hidrólisis ácida con ácido clorhídrico en dos estados de maduración obtuvieron un rendimiento de 1,26 % (pH: 2,5; T: 100°C; t: 45 min) para el estado de madurez maduro y 0,90 % para el verde (pH: 2,00; T: 90°C; t: 75), los resultados de los autores no muestran similitud con la investigación realizada debido a que las condiciones de extracción influyen significativamente.

En el método de extracción mediante hidrólisis enzimática, sus valores son considerados los más bajos siendo así que con estado de madurez verde se obtuvo un rendimiento de 18,40 % y maduro de 12,37 % (pH: 2; t: 6h; T: 40°C). Maidana et al., (2019). En su estudio sobre la extracción enzimática (Poligalacturonasa de *Wickerhamomyces Anomalusa*) partir de albedo de limón obtuvieron un rendimiento

máximo de 36,86 % en (pH: 3; t: 6h; T: 35°C) y 36,54 % (pH: 3; t: 4h; T: 40°C), y se determinó que la enzima utilizada por dicho autor al ser una levadura aislada de frutas cítricas actuó de manera más eficiente en el proceso de extracción.

Los resultados obtenidos en el rendimiento son bajos debido a que al usar enzimas en su proceso de extracción suelen ser más selectivas, aun que por otra parte no produce subproductos y es más estable en condiciones de pH (2 a 4,8) siendo el óptimo 4,6, tiempo (4 a 6 h) óptimo 6h y temperatura de extracción de (40 – 60 °C) con un valor óptimo de 40°C.

4.2.1.3 Caracterización fisicoquímica de calidad de la pectina

4.2.1.3.1 Grado de metoxilo

En el grado de metoxilo en la hidrólisis ácida con ácido cítrico, estado de madurez verde, se obtuvo un valor de 6,60 % y en el estado de madurez maduro de 6,76 % siendo valores similares a lo reportado por Soria (2022). En su investigación de pectina a partir de residuos de limón mediante hidrólisis ácida, con ácido cítrico obtuvo un valor de 6,90 %. Ya que al ser un ácido débil podría ser menos eficiente en la liberación de pectina con un grado de metoxilo bajo debido a su naturaleza menos ácida. Sin embargo, de acuerdo a una ficha comercial de la marca AGROQUIM, C Ltda. establece que el porcentaje para el grado de metoxilo es 6,5 % como mínimo por ende para el estado de madurez maduro se encuentra dentro de los requerimientos mientras que en el estado de madurez verde está por debajo de lo establecido esto se debe a la variación en el contenido y composición de la pectina durante su proceso de maduración.

Los porcentajes que se obtuvieron con ácido clorhídrico estado de madurez verde fueron de 7,26 % y maduro de 7,95 % siendo menores a lo reportado por Benitez (2022), cuyo valor fue de 11,26 %. Sin embargo, Púa et al., (2015) cuyo valor fue de 14,03 % para el estado de madurez verde y para el maduro 14,65 %. Esto puede deberse a la composición química y genética de cada variedad de limón, además el HCl llega a ser más selectivo en la hidrólisis de las estructuras celulares que contienen pectina, liberando la pectina con un grado de metoxilo más alto. Sus resultados se encuentran dentro de los requerimientos de la ficha comercial.

En el caso de la extracción enzimática, con la enzima pectin lyase, estado de madurez verde se obtuvo un valor de 13,33 % y maduro de 12,33 % estos valores se deben a que la enzima tiende a ser mas suave y especifica en su acción

descomponiendo las paredes celulares de manera mas controlada, liberando así a la pectina con un grado de metoxilo alto conservando su estructura y calidad.

Es importante mencionar que en cuanto a calidad se utilizó el método de extracción que presentó mayor porcentaje para grado de metoxilo el cual fue mediante extracción enzimática, con enzima pectin lyase, estado de madurez verde obteniendo un valor de 13,33 % caracterizándose como una pectina de alto metoxilo.

4.2.1.3.2 Grado de esterificación

En el grado de esterificación los valores que se obtuvieron mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico, estado de madurez verde fue de 72,43 % y maduro de 73,12 % esta pequeña variación de valores corresponden a que las enzimas presentes en la fruta convierten los ácidos grasos insaturados en saturados lo que resulta un mayor grado de esterificación para el estado de madurez maduro. Además estos valores difieren con respecto a Soria (2022), por lo que obtuvo un alto porcentaje 89,75 %. Y considera que la pectina obtenida por productos agrícolas de limón variedad (*Citrus limon*) tiene mayor poder gelificante por lo que alcanzan su punto de gelificación en menor tiempo. Sin embargo, todos los valores presentados varían entre si pero son mayores al 50 %.

En la extracción con ácido clorhídrico con estado de madurez verde se obtuvo un valor de 78,10 % y maduro de 81,52 %. El resultado obtenido por Benitez (2022), concuerda con el de la presenta investigación ya que el grado de esterificación fue de 81,34 %. Mientras que Púa et al., (2015) obtuvo resultados para el estado de madurez verde de 94,54 % y para el maduro de 90,73 %, considerandolos como pectinas ultrarrápidas.

Los valores que se obtuvieron para la extracción enzimática, con enzima pectin lyase, estado de madurez verde fue de 87 % y maduro de 86 % al ser un proceso de extracción más selectivo y específicos en su acción conduce a una mayor conservación de los grupos metoxilo en las moléculas de metilcelulosa. El grado de metoxilo y el porcentaje del número total de grupos carboxilo esterificado tiene un efecto significativo sobre la fuerza del gel y los mecanismos gelificantes de las pectinas siendo destinadas para la elaboración de mermeladas. Singthong et al., (2004).

Es adecuado resaltar que todos los valores mencionados así como los valores obtenidos en esta investigación son superiores al 50 % por ello, son considerados

como pectinas de alto metoxilo. Sin embargo en este estudio en cuanto a calidad la metodología a utilizar fue con hidrólisis enzimática, estado de madurez verde ya que presenta un valor de 87 %.

4.2.1.3.3 % Ácido galacturónico

En la extracción por hidrólisis ácida, con ácido cítrico, ácido clorhídrico e hidrólisis enzimática y estado de madurez verde y maduro se obtuvo un mismo valor en cuanto al porcentaje de ácido galacturónico con un valor de 35 % siendo inferior a lo expuesto por Benitez (2022). En su estudio realizado sobre la obtención de pectina a partir de cáscara de limón donde obtuvo un porcentaje de ácido galacturónico de 71,74 % presentando una pureza aceptable. Así mismo, Soria (2022) obtuvo un valor de 92,40 % en ácido galacturónico, siendo catalogada una pectina de pura.

En los resultados obtenidos se categorizó como una pectina de baja pureza. Saavedra (2015,) menciona que el porcentaje de ácido galacturónico indica la cantidad de este ácido presente en una muestra determinada. El ácido galacturónico es un ácido carboxílico derivado de la galactosa que se encuentra comúnmente en polisacáridos como la pectina generalmente se utiliza como indicador de pureza por lo que, el porcentaje ácido galacturónico debe ser mayor al 60 % para ser considerada como una pectina de alta pureza y para las pectinas de baja pureza su porcentaje varía entre 20 % y 40 %.

4.2.2 Segunda etapa: análisis fisicoquímicos y sensoriales de la mermelada

En la segunda etapa, se aplicó el mejor tratamiento en cuanto a rendimiento T2 (Ha + EmM + pH 2,00 + 1h + 80°C) y a calidad T5 (He + EmV + pH 2,00 + 6h + 45°C) para la formulación de la mermelada.

4.2.2.1 Sólidos solubles (Grados Brix)

En la norma NTE INEN 419 (1988) se establece que el contenido de sólidos solubles para una mermelada debe estar en el rango de 65 – 68 °Brix, los valores que se obtuvieron en la presente investigación de los 6 tratamientos más el blanco varían entre 65,67 a 68,13 °Brix como se muestra en la tabla 18 encontrándose en los rangos establecidos. Los valores son similares a lo expuesto por Díaz et al., (2023), en su investigación sobre la evaluación fisicoquímica y sensorial de la mermelada combinada con zumo concentrado de pulpa de maracuyá, donde determinaron que el T5 tiene la mayor cantidad de °Brix con un valor de 68 y el T1 con 67 °Brix. Así

mismo, Abad & Jaramillo (2019). En su estudio de la elaboración de jaleas y mermeladas combinados con ají rocoto obtuvieron resultados entre 71 a 77 °Brix siendo valores superiores a lo que la norma indica. Flores & Sosa (2022). En su investigación acerca de la mermelada de pulpa y cáscara de maracuyá determinaron que el mejor tratamiento correspondía al T6 con 65 °Brix. Esta variación en los valores de °Brix se debe a la combinación de las materias primas, para la elaboración de mermelada, así como también a la formulación que desarrollaron dichos autores.

4.2.2.2 pH

La norma NTE INEN 419 (1988) establece que el pH en las mermeladas debe tener un mínimo de 2,8 y un máximo de 3,5 por lo cual los 6 tratamientos de estudio y el blanco cumplen con este requisito encontrándose entre los rangos permitidos de 3,13 a 3,35 como se muestra en la tabla 19. Así mismo Díaz et al., (2023). En su evaluación fisicoquímica y sensorial de la mermelada combinada con zumo concentrado de pulpa de maracuyá, mostraron que el T5 obtuvo un pH máximo de 3,3 y el T3 un pH mínimo de 3,2 siendo menor. Por otro lado, Abad & Jaramillo (2019). En su estudio para la elaboración de jaleas y mermeladas combinados con ají rocoto obtuvieron pH de 3 a 4 respectivamente mostrando similitud con los valores expuestos anteriormente. Flores & Sosa (2022) obtuvieron como resultado que el mejor tratamiento correspondía al T6 con un pH de 3,3 cual se encuentran dentro de los valores que establece la norma para la mermelada.

4.2.2.3 Viscosidad

Los valores de la viscosidad para los dos métodos de extracción están influenciados por el porcentaje de aplicación de pectina, por lo que en el blanco o T0 el porcentaje de aplicación es 0 con un valor de 176,90 Pa. s, por ende, su viscosidad es la más baja de todos los tratamientos ya que no contiene pectina. Para el 0,5 % de pectina los valores fueron T1 ($\text{HaC}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{M}$) 309,32 Pa.s y T4 (HeV) 342,28 Pa.s siendo bajos debido a la menor cantidad de pectina que contenían. En el porcentaje de 1,00% presentó valores en T2 ($\text{HaC}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{M}$) de 1370,67 Pa. s y T5 (HeV) de 1584,77 Pa.s mientras que en el 1,5% de pectina el T3 ($\text{HaC}_6\text{H}_8\text{O}_7\text{M}$) se obtuvieron valores de 1815,47 Pa.s y T6 HeV 1840,15 Pa.s Estos tratamientos fueron los que mayor porcentaje de pectina contenían y presentaron mayor viscosidad. Sin embargo, en referencia a la NTE INEN 419 para la mermelada no existe un requisito de la viscosidad, sin embargo, Mendoza

et al., (2017) establecen que los rangos para la viscosidad son mínimo de 1471,3 mPa.s y máximo 6043,7 mPa.s por lo que se afirma que los datos que se obtuvieron cumplen con lo establecido por los autores.

4.2.3 Análisis sensorial de la mermelada de ají con maracuyá

El análisis sensorial es definido como la ciencia que se utiliza para provocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos, además, permite conocer la aceptación de los consumidores hacia los productos para ello, son percibidos por los sentidos de la vista, olfato, gusto y tacto (Pinargote & Ruiz, 2020).

Los resultados de la evaluación sensorial de los seis tratamientos y el blanco de las mermeladas con las pectinas mejor evaluadas en función de rendimiento mediante hidrólisis ácida con ácido cítrico y estado de madurez maduro y calidad por medio de hidrólisis enzimática con la enzima pectin lyase, estado de madurez verde, se obtuvieron a partir del veredicto de 50 jueces no entrenados, para ello se utilizó una hoja de cata con una escala hedónica de 5 puntos, se identificó que el tratamiento con mayor aceptación por los catadores fue el T6 constituido en su formulación de pulpa de ají con maracuyá 48,50 %, azúcar 49 %, pectina 1,5 %, ácido cítrico 0,5 % y sorbato de potasio 0,5 %, presentando en los atributos color 4,08, olor 4 sabor 3,94 viscosidad 4,02 calificados como "me gusta" y en aceptabilidad general (4,02) siendo aceptado por los consumidores y similares a los obtenidos por Flores (2021). En su investigación sobre la elaboración de mermelada a base de pulpa y cáscara de maracuyá donde el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T6 que corresponde a la formulación (52 % pulpa + 48 % endulzantes (60 % azúcar, 40 % estevia)) en base a los atributos de: color, olor, sabor y textura, obtuvieron una puntuación de "me gusta mucho".

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La extracción de pectina por hidrólisis ácida puede resultar en una mayor degradación de componentes y menor calidad en el producto final y suele ser más económica mientras que la extracción enzimática ayuda a preservar mejor la calidad y propiedades de los compuestos extraídos, pero requiere de una inversión inicial más alta y puede ser más ventajosa tecnológicamente debido a la mejor calidad del producto y menor impacto ambiental. La elección de estos dos métodos depende de las condiciones específicas en cuanto a calidad, costo y sostenibilidad.
- El estado de madurez tiene gran influencia en el rendimiento, así como también los métodos de extracción empleados, siendo la extracción ácida el método idóneo con estado de madurez maduro ya que su contenido de pectina es mayor al verde, así como también el grosor del albedo, lo que dio como resultado que el mejor tratamiento fue el T2 (Ha C6H8O7 + M) con un porcentaje de 29,4.
- El estado de madurez tiene influencia en cuanto a la calidad siendo la extracción enzimática el mejor método debido a que la enzima es más selectiva y actúa de mejor manera en el estado de madurez verde debido a su composición química. El T6 (He + V) que presentó valores similares a la ficha técnica AGROQUIM, C Ltda resultó ser el mejor tratamiento con un valor de 13,33 % en su grado de metoxilo, y 87 % en su grado de esterificación por lo que se considera como una pectina de alto metoxilo la cual puede ser para la elaboración de geles, jaleas y mermeladas.
- Los análisis fisicoquímicos de la mermelada no se vieron influenciados por la aplicación de la pectina en los sólidos solubles y pH ya que se encuentran dentro de los rangos de la norma INEN 1757, mientras que la viscosidad forma parte de los fluidos no Newtonianos considerándose pseudoplástico. El T5 (Ha

+M + 1,5 % p/p) y T6(He + V+ 1,5 % p/p) presentaron mejor viscosidad debido al porcentaje de pectina aplicado.

- El tratamiento mayor aceptado en cuanto al análisis sensorial por los catadores fue el tratamiento T6 con la formulación de (pulpa de ají + maracuyá 48,50 %, azúcar 49 %, pectina 1,5 %, ácido cítrico 0,5 % y sorbato de potasio 0,5 %) presentando en los atributos (color 4,08; olor 4; sabor 3,94 y viscosidad 4,02) calificados como "me gusta".

5.2. RECOMENDACIONES

- En el proceso de filtración de pectina es recomendable lavar y filtrar al menos 3 veces con la finalidad de obtener una coloración blanquecina y reducir la cantidad de etanol presente en la pectina esto se reducirá las horas de secado.
- Se recomienda el uso de ácidos orgánicos en la extracción de pectina por hidrólisis ácida tal como: ácido cítrico o ácido málico ya que estos no degradarán en exceso a la pectina.
- Los porcentajes de las pulpas de ají y maracuyá deben variar en una mayor proporción a las empleadas en esta investigación, a fin de que exista una influencia notable, además de que se puedan ofrecer diferentes opciones y satisfacer las necesidades de los consumidores.
- Emplear métodos de purificación de pectina hidrolizada para separarla de otros componentes presentes en la matriz celular con la finalidad de obtener un producto de alta calidad.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, R., & Jaramillo, J. (2019). *Propuesta de elaboración de jaleas y mermeladas picantes con base en babaco, gullán, plátano, maduro, siglagón y tomate de árbol, combinados con ají rocoto*. Recuperado de Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32027/1/Trabajo%20de%20Titulacion.indd.pdf>
- Aranda, N., & Valdez, I. (2019). El color de limón. *EEAOC*, 10-12.
- Aviña, I., Contreras, C., Corona, E., & Carranza, J. (2016). Determinación de pectina total (ácido galacturónico) en pepino de tipo Holandes. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 348-352.
- Balseca, D., & Rivadeneira, L. (2013). *Extracción y cuantificación de capsaicina a partir de cinco especies nativas del género Capsicum existentes en el Ecuador mediante cromatografía líquida de alta definición*.
- Baltazar Roger et, a. (2013). *Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (Citrus medica) utilizando la metodología de superficie de respuesta*. Recuperado de Universidad Nacional de Trujillo: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/500/475>
- Benitez, H. (2022). *Extracción experimental de pectina de cáscara de limón (Citrus Limon Burmann) cultivado en la provincia Gran Chaco, Tarija*. Recuperado de Universidad Autónoma Juan Misael Saracho: <https://dicyt.uajms.edu.bo/investigacion/index.php/quimica/article/view/125/106>
- Cañizares, A., & Jaramillo, E. (2015). *El cultivo del Maracuyá en Ecuador*. Machala: UTMACH.
- Cavero, M. (2020). *Glosario Internacional de Hidrología*. Recuperado de <https://gidahatari.com/wh-es/acidez-libre#:~:text=Cantidad%20de%20%C3%A1cidos%20fuertes%20en,rojo%20de%20metilo%20como%20indicador.>
- Chumbes, M. (2020). *Hidrólisis ácida de la cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) para la obtención de pectina como agente gelificante*. Universidad Nacional José Faustino Sánchez, Perú.

- Danovich, C. (2019). *Extracción de pectina de albedo de limón mediante enzimas pécticas producidas por una levadura*. Recuperado de Universidad Nacional de Misiones: https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2781/Danovich%20CL_2019_Extracci%C3%B3n%20de%20pectina.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Del Puerto, M., & Maldonado, F. (2022). *Extracción de pectina a partir de diferentes materias primas: evaluación y validación del proceso*. Recuperado de Universidad Federal de Integración Latinoamericana: <https://dspace.unila.edu.br/bitstream/handle/123456789/6815/Extracci%C3%B3n%20de%20Pectina%20a%20partir%20de%20Diferentes%20Materias%20Primas%203A%20Evaluaci%C3%B3n%20y%20Validaci%C3%B3n%20del%20Proceso?sequence=2&isAllowed=y>
- Díaz, J., Zamora, A., Fernández, Á., & Alvarez, L. (2023). Evaluación físicoquímico y sensoriales de la mermelada combinada con zumo de maracuyá, pulpa de concentrado de maracuyá, zanahoria y banana. *Revista Latinoamericana de ciencias sociales y humanidad*, 1-18.
- Fernandez, O. (2023). *Extracción de pectina del albedo de toronja (Citrus paradisi) por hidrólisis ácida, en un proceso a escala de laboratorio*. Recuperado de Universidad Mayor de San Andrés: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/35516/PG-417.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ferreira, S. (2007). *Aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial*.
- Flores, F. (2021). *Elaboración de una mermelada a base de pulpa y cáscara de maracuyá (Passiflora edulis Sims) utilizando un diseño de mezclas*. Obtenido de Universidad Católica Sedes Sapientiae: https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/1305/Flores_Fior_ella_tesis_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Flores, F., & Sosa, J. (2022). Mermelada a base de pulpa y cáscara de maracuyá (Passiflora edulis Sims.) edulcorado con estevia. *Agroindustrial Science*, 157-163.
- Franco, I. (2022). *Obtención de pectina a partir de la cáscara de pepino (Cucumis sativus) mediante hidrólisis ácida como aprovechamiento de residuos hortícolas*. Recuperado de Universidad Agraria del Ecuador: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Franco%20Carvache%20Vonne%20Maoly.pdf>
- Fustamante, Y., & Valdera, W. (2019). "Extracción enzimática y caracterización de la pectina a partir de los residuos del mango (Mangifera indica); Lambayeque 2015". Recuperado de Universidad Señor de Sipán: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6209/Fustamante%20Nunez%20%26%20Valdera%20Santamaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González, D. (2018). *El ají, variedades, técnicas y usos aplicados a la cocina moderna Ecuatoriana*. Recuperado de UDLA: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8617/1/UDLA-EC-TTAB-2018-05.pdf>
- Haro, W., & Montenegro, F. (2015). *Estudio de la composición fitoquímica de la oleorresina de ají rocoto (Capsicum pubescens) procedente del Valle de Tumbaco*. Recuperado de Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9369/1/UPS-QT07101.pdf>
- Ibarra, J., & Ordoñez, J. (2022). Obtención de pectina a partir del albedo de maracuyá y limón taití a través de hidrólisis química. *Boletín Informativo CEI*, 1-10.
- INEC. (2017). Recuperado de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Presentacion_Principales_Resul
- INEN. (1988). *Conservas de vegetales; Mermeladas y frutas*. Recuperado de <https://ia904706.us.archive.org/35/items/ec.nte.0419.1988/ec.nte.0419.1988.pdf>
- INEN. (2008). *NTE INEN 1757*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/7377254/nte-inen-1757--frutas-frescas.-lim%C3%B3n.-requisitos>
- INIAP. (2014). *Cultivo de Maracuyá*. Obtenido de Manual técnico para su manejo en el Litoral Ecuatoriano: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1159/1/INIAP-Manual%20T%C3%A9cnico%20No.%20100.pdf>
- Lema, N. (2018). *El ají, variedades, técnicas y usos aplicados a la cocina moderna ecuatoriana*. Recuperado de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8617/1/UDLA-EC-TTAB-2018-05.pdf>
- Mendoza, L., Jiménez, J., & Ramírez, M. (2017). Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *U.D.C.A Ac. & Div. Científica 20 (1)*, 131-138.
- Moscoso, N. (2015). *Evaluación del proceso de extracción de pectina del albedo de tres variedades de cítricos: Citrus sinensis (Naranja), Citrus máxima (Toronja), Citrus médica (Cidra)*". Recuperado de Universidad Técnica Estatal de Quevedo: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/ded2d2bd-37f2-4b4d-ad57-625d625cd092/content>
- Murgueytio, J. (2015). "obtención y caracterización de albedo pulverizado a partir de un fruto cítrico, para aplicación en salchicha". Recuperado de file:///C:/Users/DELL/Downloads/65434_1.pdf

- NTE. (1985). *INEN 380*. Recuperado de Conservas vegetales, determinación de sólidos solubles, metodo refractometrico.
- NTE. (1985). *INEN 389*. Recuperado de Determinación de la concentración del Ión Hidrógeno (pH).
- NTE. (2008). *INEN 1757*. Recuperado de <https://studylib.es/doc/7377254/nte-inen-1757-frutas-frescas.-lim%C3%B3n.-requisitos>
- NTE. (2013). *INEN - ISO 750*.
- OCU. (2018). *Frutas y verduras*. Bogota: Ediciones la U.
- Owens, H., Mccready, R., Shepherd, A., Mier, J., Earlandses, R., & Maclay, W. (1952). *Methods used at Western; topional Research Laboratory for the extraction and analysis of pectic materials*. California: AIC-340.
- Palacios, T., Chamorro, S., Almeida, C., & Carrillo, I. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *FIGEMPA*, 23-29. doi:<https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.1274>
- Pinargote, D., & Ruiz, J. (2020). *Efecto reológico de la pectina de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) en la calidad fisico-química de mermelada de naranja*. Recuperado de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1281/1/TTAI05D.pdf>
- Quiroz, J. (2019). "la producción de limón y su incidencia en los ingresos de los productores de la parroquia Ayacucho del cantón Santa Ana". Recuperado de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1767/1/UNESUM-ECUADOR-ECONOMIA-2019-14.pdf>
- Rengifo, Y., & Macías, J. (2019). *Evaluación de dos métodos de extracción de pectina de la cáscara de cacao (Theobroma cacao)*. Recuperado de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1056/1/TTMAI6.pdf>
- Rodríguez, D., Ramírez, D., & Altamar, A. (2023). Extracción de pectina a partir de la hidrólisis ácida del cacao (*Theobroma Cacao L.*) y su aplicación en la obtención de biopelículas. *Mutis*, 13(1), 1-20.
- Saavedra, L. (2015). *Uso integral del maracuyá (Passiflora Edulis Flavicarpa) en la extracción de pectina y formulación de mermeladas*. Recuperado de Universidad Central del Ecuador : <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/48e8a733-8164-4974-bf17-a9b4d7a315a6/content>
- Sommano, S. R., Ounamornmas, p., Nisoa, M., & Sriwattana, S. (2018). Caracterización y propiedades fisicoquímicas de la pectina de cáscara de mango extraída mediante extracciones convencionales y de control de fase asistidas pormicroondas. . *Revista Internacional de Investigación Alimentaria* , 2657-2665.

- Soria, E. (2022). *Obtención de pectina a partir de residuos agrícolas de limón (Citrus limon) por el método de hidrólisis ácida y su aplicación en el área farmacéutica*. Recuperado de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/20421/1/56T01157.pdf>
- Vanaclocha, A. C. (2014). *Tecnología de los alimentos de origen vegetal*. España: EDITORIAL SÍNTESIS, S.A.
- Vega, G. (2021). *Conservantes naturales y seguros: su uso en la industria alimentaria*. Recuperado de <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/conservantes-naturales-y-seguros-su-uso-en-la-industria-alimentaria/>
- Vinueza, D. (2014). *Efecto del uso de diferentes porcentajes de azúcar, pectina y ácido cítrico en la consistencia de una mermelada de tomate riñón (Lycopersicon esculentum Mill) para su conservación, UTE Santo Domingo*. Recuperado de Universidad Tecnológica Equinoccial: https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19131/1/7046_1.pdf
- Yoc, W. (2020). *Obtención de pectina a partir del mesocarpio de limón (Citrus limon x citrus medica L. Burn.F.) por hidrólisis ácida a nivel laboratorio para su evaluación en la aplicación de mermeladas de frutas con bajo contenido de pectina*. Recuperado de Universidad de San Carlos de Guatemala: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/15624/1/Wanda%20Judith%20Yoc%20Gatica.pdf>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

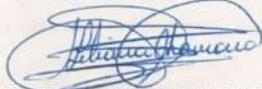
| | | | |
|---------------------|---|----------------------|---|
| ESTUDIANTE: | FUERTE GUAÑA MELANI PAMELA | CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1728080613 |
| PERIODO ACADÉMICO: | 2024A | | |
| PRESIDENTE TRIBUNAL | MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ | DOCENTE TUTOR: | PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ |
| DOCENTE: | MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA | | |
| TEMA DEL TIC: | *COMPARACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE PECTINA MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y ENZIMÁTICA A PARTIR DEL ALBEDO DE LIMÓN MEYER (CITRUS LEMON) PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MERMELEDA DE AJÍ CON MARACUYÁ* | | |

| No. | CATEGORÍA | Evaluación cuantitativa | OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES |
|-----|---|-------------------------|--|
| 1 | PROBLEMA - OBJETIVOS | 9.00 | |
| 2 | FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 8.00 | |
| 3 | METODOLOGÍA | 9.00 | |
| 4 | RESULTADOS | 6.00 | Presentar los datos estadísticos que soporten los resultados obtenidos |
| 5 | DISCUSIÓN | 6.00 | Amplicar la explicación de los fenómenos ocurridos en la experimentación |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 8.33 | |
| 7 | DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL | 6.00 | Mostrar mayor seguridad y dominio de los conceptos del tema investigado. |
| 8 | FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN | 9.00 | |

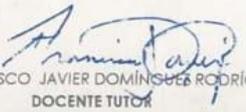
Obteniendo una nota de: **7,93** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o las investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su Informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

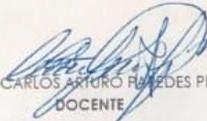
Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **martes, 9 de julio de 2024**



MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ
PRESIDENTE TRIBUNAL



PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ
DOCENTE TUTOR



MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
DOCENTE

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDEFENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

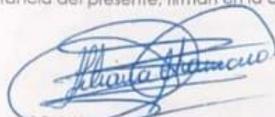
| | | | |
|---------------------|---|----------------------|---|
| ESTUDIANTE: | UNAUCHO CHANALUSA ALICIA LISBETH | CÉDULA DE IDENTIDAD: | 0504591868 |
| PERIODO ACADÉMICO: | 2024A | | |
| PRESIDENTE TRIBUNAL | MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ | DOCENTE TUTOR: | PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ |
| DOCENTE: | MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA | | |
| TEMA DEL TIC: | "COMPARACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE PECTINA MEDIANTE HIDRÓLISIS ÁCIDA Y ENZIMÁTICA A PARTIR DEL ALBEDO DE LIMÓN MEYER (CITRUS LEMON) PARA LA ELABORACIÓN DE UNA MERMELEDA DE AJÍ CON MARACUYÁ" | | |

| No. | CATEGORÍA | Evaluación cuantitativa | OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES |
|-----|---|-------------------------|--|
| 1 | PROBLEMA - OBJETIVOS | 9,00 | |
| 2 | FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 8,00 | |
| 3 | METODOLOGÍA | 9,00 | |
| 4 | RESULTADOS | 6,00 | Presentar los datos estadísticos que soporten los resultados obtenidos |
| 5 | DISCUSIÓN | 6,00 | Ampliar la explicación de los fenómenos ocurridos en la experimentación |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 8,33 | |
| 7 | DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL | 6,00 | Mostrar mayor seguridad y dominio de los conceptos del tema investigado. |
| 8 | FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN | 9,00 | |

Obteniendo una nota de: **7,93** Por lo tanto, **APRUEBA** ; debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el Informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **martes, 9 de Julio de 2024**


 MSC. LILIANA MARGOTH CHAMORRO HERNÁNDEZ
PRESIDENTE TRIBUNAL


 PHD. FRANCISCO JAVIER DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ
DOCENTE TUTOR


 MSC. CARLOS ARTURO PAREDES PITA
DOCENTE

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN
AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET

NAME: Fuertes Guaña Melani Pamela y Unaicho Chanaluisa Alicia Lisbeth

DATE: 12 de julio de 2024

Topic: "Comparación de la extracción de pectina mediante hidrólisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (Citrus lemon) para la elaboración de una mermelada de ají con maracujá"

"

MARKS AWARDED

QUANTITATIVE AND QUALITATIVE

| VOCABULARY AND WORD USE | Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic | Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic | Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic | Limited vocabulary and inadequate words related to the topic |
|---------------------------|--|---|--|---|
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| WRITING COHESION | Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs. | Adequate progression of ideas and supporting paragraphs. | Some progression of ideas and supporting paragraphs. | Inadequate ideas and supporting paragraphs. |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| ARGUMENT | The message has been communicated very well and identify the type of text | The message has been communicated appropriately and identify the type of text | Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing | The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate |
| | EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| CREATIVITY | Outstanding flow of ideas and events | Good flow of ideas and events | Average flow of ideas and events | Poor flow of ideas and events |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| SCIENTIFIC SUSTAINABILITY | Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement | Minor errors when supporting the thesis statement | Some errors when supporting the thesis statement | Lots of errors when supporting the thesis statement |
| | EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/> | GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/> | AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/> | LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/> |
| TOTAL/AVERAGE | 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED | TOTAL 9 | | |

Anexo 3. Extracción y análisis de pectina.

Etapas 1: Rendimiento de pectina

Método de extracción: hidrólisis ácida.

Tabla 29. Rendimiento de pectina en hidrólisis ácida.

| Unidad Experimental | | | | |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|
| Tratamiento | Repetición 1 (%) | Repetición 2 (%) | Repetición 3 (%) | Media |
| T1 | 24 | 24.82 | 25.32 | 24.71 |
| T2 | 29.3 | 29.51 | 29.4 | 29.40 |
| T3 | 22 | 21.15 | 21.96 | 21.70 |
| T4 | 22.5 | 21.02 | 21.94 | 21.82 |

Método de extracción: hidrólisis enzimática.

Tabla 30. Rendimiento de pectina en hidrólisis enzimática.

| Unidad Experimental | | | | |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------|
| Tratamiento | Repetición 1 | Repetición 2 | Repetición 3 | Media |
| T5 | 18.40 | 18 | 17.83 | 18.08 |
| T6 | 12.71 | 12.5 | 11.90 | 12.37 |

Caracterización fisicoquímica de la pectina

Tabla 31. Hidrólisis ácida (ácido cítrico)

| Tratamientos | Ácido cítrico | Caracterización fisicoquímica de la pectina | | | | | | |
|--------------|---------------|---|---------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Titulación gastada | | Peso equivalente | Acidez libre | Grado de metoxilo (%) | Grado de Esterificación (%) | % ácido galacturónico |
| 1 Verde | | 8 ml | 19 ml | 1173,7 | 0,85 | 6,27% | 70,37% | 35% |
| 2 Verde | | 7,5 ml | 21 ml | 1251,25 | 0,79 | 6,93% | 73,68% | 35% |
| 3 Verde | | 7,3 ml | 20 ml | 1286,25 | 0,77 | 6,60% | 73,26% | 35% |
| 1 Maduro | | 7,9 ml | 20 ml | 1188,56 | 0,84 | 6,60% | 71,68% | 35% |
| 2 Maduro | | 7,7 ml | 20,5 ml | 1219,43 | 0,82 | 6,76% | 72,69% | 35% |
| 3 Maduro | | 7 ml | 21 ml | 1341,38 | 0,74 | 6,93% | 75,00% | 35% |

Tabla 32. Hidrólisis ácida (ácido clorhídrico).

| Tratamientos | Ácido clorhídrico | Caracterización fisicoquímica de la pectina | | | | | | |
|--------------|-------------------|---|---------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Titulación gastada (ml) | | Peso equivalente | Acidez libre | Grado de metoxilo (%) | Grado de Esterificación (%) | % ácido galacturónico |
| 1 Verde | | 6,3 ml | 20 ml | 1490,42 | 0,67 | 6,60% | 76% | 35% |
| 2 Verde | | 6,1ml | 22 ml | 1539,29 | 0,64 | 7,26% | 78,29% | 35% |
| 3 Verde | | 5,8 ml | 24 ml | 1618,9 | 0,62 | 7,92% | 80% | 35% |
| 1 Maduro | | 5,5 ml | 23,5 ml | 1707,21 | 0,58 | 7,75% | 80% | 35% |
| 2 Maduro | | 5,1 ml | 24,8 ml | 1841,11 | 0,54 | 8,18% | 82,94% | 35% |
| 3 Maduro | | 5,4 ml | 24 ml | 1738,82 | 0,57 | 7,92% | 81,62% | 35% |

Tabla 33. Hidrólisis enzimática (pectin lyase)

| Tratamientos | Enzima pectin lyase | Caracterización fisicoquímica de la pectina | | | | | | |
|--------------|---------------------|---|---------|------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
| | | Titulación gastada (ml) | | Peso equivalente | Acidez libre | Grado de metoxilo (%) | Grado de Esterificación (%) | % ácido galacturónico |
| 1 | Verde | 6,5 ml | 43,5 ml | 1444,56 ml | 0,69 | 14% | 87% | 35% |
| 2 | Verde | 6,1 ml | 40,5 ml | 1539,29 ml | 0,64 | 13% | 87% | 35% |
| 3 | Verde | 5,8 ml | 39,8 ml | 1618,90 ml | 0,51 | 13% | 87% | 35% |
| 1 | Maduro | 6,3 ml | 38,5 ml | 1490,92 ml | 0,67 | 13% | 86% | 35% |
| 2 | Maduro | 6 ml | 37,8 ml | 1564,94 ml | 0,63 | 12% | 86% | 35% |
| 3 | Maduro | 5,9 ml | 37,1 ml | 1591,46 ml | 0,62 | 12% | 86% | 35% |

Anexo 4. Etapa 2 Análisis fisicoquímicos de la mermelada

Tabla 34. Grados °brix

| Tratamiento | Brix | | | |
|-------------|------|-------|------|------|
| | R1 | R2 | R3 | |
| | 1 | 65,7 | 65,9 | 65,4 |
| | 2 | 66,9 | 66,5 | 67,2 |
| | 3 | 65,2 | 65,9 | 66,1 |
| | 4 | 66,2 | 65,9 | 66,1 |
| | 5 | 66,3 | 66,8 | 66,4 |
| | 6 | 66,5 | 66,6 | 66,7 |
| | 7 | 67,82 | 68,1 | 67,9 |

Tabla 35. pH

| Tratamiento | pH | | | |
|-------------|----|-------|-------|-------|
| | R1 | R2 | R3 | |
| T1 | | 3,515 | 3,245 | 3,028 |
| T2 | | 3,418 | 3,124 | 3,008 |
| T3 | | 3,317 | 3,051 | 3,033 |
| T4 | | 3,416 | 3,301 | 3,015 |
| T5 | | 3,439 | 3,321 | 3,205 |
| T6 | | 3,129 | 3,502 | 3,407 |
| T7 | | 3,319 | 3,425 | 3,223 |



Anexo 5. Hoja de catación

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA DE ALIMENTOS**

Genero: **Edad:** **Fecha:**

Se requiere de su colaboración para realizar un análisis de evaluación sensorial con respecto al siguiente tema de tesis: "Comparación de la extracción de pectina mediante hidrolisis ácida y enzimática a partir del albedo de limón Meyer (*Citrus lemon*) para la elaboración de una mermelada de ají con maracuyá".

Indicaciones:

- Frente a usted se presentan siete muestras de mermelada de ají con maracuyá, observe y deguste cada una de ellas.
- Comience la degustación de izquierda a derecha.
- Indique el grado de aceptabilidad de acuerdo a su puntaje.
- Se recomienda enjuagar su boca después de cada muestra.

Escala de valores de aceptabilidad

| Aceptabilidad | Puntaje |
|----------------------------|----------------|
| Me gusta mucho | 5 |
| Me gusta | 4 |
| Ni me gusta ni me disgusta | 3 |
| Me disgusta | 2 |
| Me disgusta mucho | 1 |

Califique los atributos

| Atributos | 159 | 357 | 412 | 671 | 758 | 815 | 904 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Color | | | | | | | |
| Olor | | | | | | | |
| Sabor | | | | | | | |
| Viscosidad | | | | | | | |
| Aceptabilidad | | | | | | | |

Comentarios:

.....

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!