

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: “Obtención de pectina de arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*)”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORAS: Cargua Peñafiel Victoria Lisette

Castro Nazate Karla Aracely

TUTOR: Domínguez Francisco Msc. PhD.

Tulcán, 2021

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que las estudiantes Cargua Peñafiel Victoria Lisette con número de cédula 0401925797 y Castro Nazate Karla Aracely con el número de cédula 0402004576 y han elaborado el trabajo de titulación denominado: “Obtención de pectina de arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*)”

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



Firmado electrónicamente por:
FRANCISCO JAVIER
DOMÍNGUEZ
RODRÍGUEZ

.....
PhD. Francisco J. Domínguez R.
TUTOR



Firmado electrónicamente por:
FREDDY GIOVANNY TORRES
MAYANQUER - 1002329983

.....
MSC. Freddy G. Torres M.
LECTOR

Tulcán, junio del 2021

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingenieras en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Nosotras, Cargua Peñafiel Victoria Lisette con cédula de identidad número 0401925797 y Castro Nazate Karla Aracely con cédula de identidad número 0402004576 declaramos: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



.....
Cargua Peñafiel Victoria Lisette
AUTORA



.....
Castro Nazate Karla Aracely
AUTORA

Tulcán, junio del 2021

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Cargua Peñafiel Victoria Lisette y Castro Nazate Karla Aracely declaramos ser autoras de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Obtención de pectina de arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*)” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.



.....

Cargua Peñafiel Victoria Lisette
AUTORA



.....

Castro Nazate Karla Aracely
AUTORA

Tulcán, junio del 2021

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida y salud, por la sabiduría para salir adelante enfrentando los obstáculos que se han presentado en nuestro camino y poder cumplir nuestro objetivo principal que es obtener nuestro título como Ingenieras en Alimentos.

A los docentes de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de la carrera de Alimentos quienes con su dedicación a la enseñanza han logrado formar excelentes profesionales.

A nuestra tutora Ana Lucía Rodríguez y lector PhD. Francisco Domínguez quienes ha sido nuestra guía fundamental para la elaboración de nuestro trabajo de titulación brindándonos su apoyo incondicional y por la paciencia que nos han tenido siempre.

A la asociación agro artesanal Mariscal Sucre por abrirnos sus puertas para poder realizar la parte práctica de nuestra investigación.

Para ellos nuestro más sincero agradecimiento.

Victoria Lisette Cargua Peñafiel

Karla Aracely Castro Nazate

DEDICATORIA

Llena de felicidad este trabajo lo dedico a mis padres Fernando Castro y Aracely Nazate quienes han sido el pilar fundamental en mi formación académica, no dejaré de agradecerles todo lo que han hecho por mí, brindándome su apoyo incondicional para cumplir el objetivo de obtener mi título profesional.

Karla Aracely Castro Nazate

A mí papá y abuelito que desde el cielo me dan sus bendiciones y me cuidan siempre, de manera especial a mi mami Narci quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, por su esfuerzo y sacrificio diario para darme lo necesario y poder llegar a ser una profesional, a mis hermanos por su apoyo incondicional.

Victoria Lisette Cargua Peñafiel

ÍNDICE

I. PROBLEMA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	20
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	22
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	22
2.2. MARCO TEÓRICO	24
2.2.1. Arazá.....	24
2.2.2. Aditivos Alimentarios	26
2.2.2. Pectina	27
2.2.3. Tuna.....	32
2.2.5. Mermelada.....	35
III. METODOLOGÍA.....	36
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	36
3.1.1. Enfoque.....	36
3.1.2. Tipo de Investigación	36
3.2. HIPÓTESIS	36
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	37
3.3.1. Definición de las variables	37
3.3.2. Operacionalización de variables	38
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1 Extracción de pectina.....	39

Determinación del estado de madurez de la fruta.....	40
Rendimiento de pectina	43
3.4.2 Análisis fisicoquímicos de la pectina	43
3.4.3 Formulación de mermelada de tuna	46
3.4.4 Análisis fisicoquímicos mermelada.....	48
3.4.4.4 Análisis Sensorial	49
3.4.5 Análisis Estadístico	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1 RESULTADOS	53
4.1.1 Extracción de pectina.....	53
4.1.2 Formulación de mermelada de tuna	58
4.2 DISCUSIÓN.....	62
4.2.1 Extracción de pectina.....	62
4.2.2 Discusión de la Mermelada de tuna.....	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
5.1 CONCLUSIONES	69
5.2 RECOMENDACIONES	70
VII. ANEXOS	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del arazá.....	24
Tabla 2. Valor nutricional por cada 100 g de arazá.....	26
Tabla 3. Índice de madurez del arazá °Brix.....	26
Tabla 4. Porcentaje de pectina en frutos (base)	28
Tabla 5. Taxonomía de la tuna	32
Tabla 6: Composición química de la pulpa de tuna	32
Tabla 7. Contenido nutricional en 100 gramos de parte comestible de tuna.....	34
Tabla 8. Operacionalización de variables extracción de pectina	38
Tabla 9. Operacionalización de variables formulación de mermelada.....	39
Tabla 10. Estado de madurez de la fruta.....	40
Tabla 11. Escala hedónica	50
Tabla 12. Definición de variables y tratamientos para la extracción de pectina	51
Tabla 13. Definición de variables y tratamientos para la formulación de mermelada	51
Tabla 14. Esquema del experimento para la extracción de pectina.....	52
Tabla 15. Esquema del experimento para la formulación de mermelada.....	52
Tabla 16. Rendimiento de pectina	53
Tabla 17. Humedad pectina	54
Tabla 18. Ceniza pectina	55
Tabla 19. Análisis microbiológico pectina	57
Tabla 20. °Brix	58
Tabla 21. pH mermelada	58
Tabla 22. Ceniza de la mermelada.....	59
Tabla 23. Escala hedónica de 5 puntos	59
Tabla 24. Color	60
Tabla 25. Olor.....	60
Tabla 26. Sabor.....	61
Tabla 27. Textura.....	61
Tabla 28. Análisis microbiológicos mermelada de tuna.....	62
Tabla 29. Análisis de varianza del rendimiento de la pectina	94
Tabla 30. Análisis de varianza del parámetro ceniza de pectina	94
Tabla 31. Análisis de varianza del parámetro humedad de pectina.....	94
Tabla 32. Análisis de varianza del parámetro pH de la mermelada	94
Tabla 33. Análisis de varianza del parámetro °Brix de la mermelada	94

Tabla 34. Análisis de varianza del parámetro ceniza de la mermelada	94
Tabla 35. Análisis de varianza del parámetro color	95
Tabla 36. Análisis de varianza del parámetro olor	95
Tabla 37. Análisis de varianza del parámetro sabor	95
Tabla 38. Análisis de varianza del parámetro textura	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura química de la pectina.....	27
Figura 2. Estados de madurez de la fruta	40
Figura 3. Diagrama de flujo de proceso de extracción de pectina.....	42
Figura 4. Peso equivalente.....	44
Figura 5. Técnica de Owens	44
Figura 6. Flujograma de proceso de mermelada de tuna.....	48
Figura 7. Arazá en 3 estados de madurez	50
Figura 8. Lavado de la fruta	85
Figura 9. Inactivación de enzimas.....	89
Figura 10. Filtrado.....	85
Figura 11. Triturado del arazá.....	89
Figura 12. Concentración	85
Figura 13. Reposo del arazá con etanol.....	90
Figura 14. Secado	86
Figura 15. Molienda de la pectina.....	90
Figura 16. Molienda de la pectina	86
Figura 17. Tuna madura.....	90
Figura 18. Lavado de tuna.....	86
Figura 19. Pelado de la tuna.....	90
Figura 20. Concentración de la pulpa de tuna con azúcar.....	87
Figura 21. Mermelada de tuna obtenida	87
Figura 22. Catación de la mermelada.....	91
Figura 23. Catación	87
Figura 24. Materiales para determinar el grado de metoxilo.....	91
Figura 25. Preparación del ácido clorhídrico	87
Figura 26. Adición de fenolftaleína.....	91
Figura 27. Titulación	88
Figura 28. Solución obtenida.....	88
Figura 29. Preparación de la muestra para análisis de cenizas.....	92
Figura 30. Secado de cenizas.....	88
Figura 31. secado-cenizas.....	92
Figura 32. Cenizas en el desecador	89
Figura 33. Cenizas de la mermelada.....	89

Figura 34. Mohos y levaduras.....	93
Figura 35. Salmonella.....	89
Figura 36. Aerobios mesófilos.....	93
Figura 37. Escherichia coli	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta del perfil de investigación	81
Anexo 2: Certificado de Abstract del centro de idiomas.....	83
Anexo 3. Proceso de obtención de pectina	85
Anexo 4. Proceso de elaboración de mermelada de tuna	86
Anexo 5: Catación de la mermelada.....	87
Anexo 6. Determinación del grado de metoxilo.....	87
Anexo 7: Proceso de determinación de cenizas.....	88
Anexo 6. Análisis microbiológicos	89
Anexo 7: Ficha técnica CEAMPECTIN de pectina comercial (Ceamsa)	90
Anexo 8: Norma INEN 0419: conservas vegetales mermelada de frutas requisitos.....	91
Anexo 9: Hoja de evaluación sensorial	93
Anexo 10. Análisis de varianza de datos fisicoquímicos de pectina	94
Anexo 11: Análisis de varianza de parámetros fisicoquímicos de la mermelada de tuna.....	94
Anexo 12: Análisis de varianza de parámetros sensoriales de la mermelada de tuna.....	95

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue extraer pectina a partir del arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*). La extracción de la pectina se efectuó mediante la aplicación de hidrólisis ácida usando ácido cítrico y etanol a 96% (v/v). Los factores a evaluar para la pectina fueron estados de madurez de la fruta (maduro, semimaduro y verde) a pH (2,4, y 6), para la mermelada de tuna: cantidad de pectina (0,5 % y 1%) del peso total, cantidad de fruta (50%,60%) y tiempo y temperatura de cocción (75°C por 35 minutos, 85 °C por 25 minutos). Los resultados conseguidos se analizaron utilizando el diseño completamente al azar y también la prueba de rangos de Tukey al 5 % ($P < 0,05$), los análisis fisicoquímicos de la pectina del mejor tratamiento T1(estado de madurez verde + pH 2) fueron rendimiento 2,7%, humedad 5,33%, ceniza 1,10%, peso equivalente 1351,35 mg/meq, acidez libre 0,74 meq/g, metoxilo 5,89% (bajo metoxilo), esterificación 71,96%, los análisis microbiológicos cumplen con lo establecido en la ficha técnica para pectinas comerciales CEAMPECTIN RS 4710 (Ceamsa). Mediante el análisis sensorial de la mermelada de tuna, el mejor tratamiento fue el T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min), °Brix 67, pH 3,44, cenizas 0,34 %, los análisis microbiológicos se encuentran dentro de los rangos establecidos en la norma INEN 419. En conclusión, es posible extraer pectina a partir del arazá, pero en cantidades bajas, el mejor tratamiento presentó condiciones óptimas para humedad y cenizas, en cuanto al porcentaje de metoxilo, acidez libre, peso equivalente y grado de esterificación indica que la pectina es de bajo metoxilo, pero con la capacidad de formar geles firmes con o sin adición de azúcar.

Palabras claves: pectina, hidrólisis ácida, espesante.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to extract pectin from arazá (*Eugenia stipitata*) for application as a thickener in prickly pear jam (*Opuntia ficus-indica*). The pectin extraction was carried out by applying acid hydrolysis using citric acid and ethanol at 96% (v/v). The factors to be evaluated for pectin were fruit maturity states (ripe, semi-ripe and green) at pH (2.4, and 6), for prickly pear jam: amount of pectin (0.5% and 1%) of total weight, quantity of fruit (50%, 60%) and cooking time and temperature (75 °C for 35 minutes, 85 °C for 25 minutes). The obtained results were analyzed using the completely randomized design and also the Turkey rank test at 5% ($P < 0.05$), the physicochemical analyzes of the pectin of the best T1 treatment (green maturity state + pH2) were efficiency 2.7%, moisture 5.33%, ash 1.10%, equivalent weight 1351.35 mg/meq, free acidity 0.74 meq/g, methoxy 5.89% (low methoxy), esterification 71.96%, the microbiological analyzes comply with what is established in the technical sheet for commercial pectins CEAMPECTIN RS 4710 (Ceamsa). Through the sensory analysis of the prickly pear jam, the best treatment was T6 (Pectin 0.5% of the total weight of the fruit + 50% of fruit + 85 °C x 25 min), Brix 67, pH 3.44, ashes 0.34%, the microbiological analyzes are within the ranges established in the INEN 419 standard. In conclusion, it is possible to extract pectin from the arazá, but in low quantities, the best treatment presented optimal conditions for humidity and ash, in terms of percent methoxy, free acidity, equivalent weight, and degree of esterification indicate that pectin is low methoxy, but with the ability to form firm gels with or without added sugar.

Keywords: pectin, acid hydrolysis, thickener

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador se puede encontrar gran variedad de frutas, pero algunas no son muy conocidas, tal es el caso del arazá, ésta es una fruta desaprovechada en el sector rural de algunas provincias donde generalmente se produce sin utilizar técnicas de cultivo debido a que no se le presta mucha importancia ya que aún no existe un método que pueda ayudar a conservar la fruta por más tiempo y por este motivo es desperdiciada y en pequeñas cantidades utilizada para el autoconsumo o comercialización. En la parroquia El Chical la mayor cantidad de arazá que cae del árbol cuando se maduran es regalada a los moradores en estado natural debido a que se pudre en menos de tres días y no se le otorga un valor agregado o se le realiza un proceso de transformación porque existe desconocimiento y es muy difícil su comercialización en fresco. (Auz, 2018)

El arazá contiene mucha pectina natural, es por eso que en este proyecto se busca su extracción por medio de una hidrólisis ácida para su aprovechamiento industrial. A la pectina se la puede encontrar en la mayoría de frutas y algunas verduras, utilizada como gelificante natural, que si se une al azúcar y a ácidos presentes en las frutas da lugar a la formación de geles. Es muy utilizada en la elaboración de mermeladas y patés. (Silva, 2017)

La mermelada (producto obtenido de la concentración de pulpa de fruta y azúcar) es uno de los alimentos que se consumen en mayor cantidad en todo el mundo porque permite consumir fruta todo el año. En Ecuador se produce mermelada utilizando gran variedad de frutas tradicionales que se obtienen de todas las regiones del país, sin embargo, las frutas no tradicionales no son aprovechadas para este fin; dentro de las frutas poco conocidas en la industria ecuatoriana se encuentra la tuna, una fruta con un gran contenido de vitaminas C y B con la que se puede elaborar jugos y vino. (González, 2017)

En la presente investigación se busca realizar la extracción de pectina a partir del arazá, una fruta poco conocida y de rápida descomposición, para poder aplicarla como espesante o gelificante en la elaboración de mermelada de tuna y así promover e industrializar el uso de estas frutas en la industria ecuatoriana.

I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Ecuador existe una gran variedad de frutas, debido a la diversidad de climas, por ende, se ha dedicado a explotar el sector frutícola mediante la aplicación de nuevas alternativas y tecnologías para poder conservar y transformar las frutas; la obtención de pulpas, jaleas, mermeladas ha permitido aprovechar al máximo el consumo de estos productos. Sin embargo, para la industrialización se utilizan siempre las mismas frutas tradicionales tales como: manzana, guanábana, mango, naranja, fresa, entre otras, es decir, existe un tradicionalismo en la transformación de éstas y por ende en su consumo, dejando atrás la utilización y aprovechamiento de frutas no tradicionales con un gran valor nutricional que se producen en el país. (Arreaga, 2017)

El arazá (*Eugenia stipitata*) es una fruta no tradicional que se produce en clima húmedo tropical. Esta fruta tiene excelentes características sensoriales y nutricionales, pero presenta dificultad al momento de su conservación y transportación debido a su sensible textura y elevado contenido de agua. Es poco conocida en el mercado y esto puede ser motivo de rechazo por parte de los consumidores. (Zambrano, 2014)

Actualmente en el país no se conocen cifras exactas sobre el cultivo de arazá, únicamente se sabe que según el Instituto Nacional de Censos y Estadísticas (INEC, 2002) en todo el Ecuador los cultivos ocupan alrededor de 704 ha de arazá de las cuales aproximadamente 250 ha se producen de forma silvestre en diferentes bosques.

En la parroquia Chical, Provincia del Carchi, el arazá (*Eugenia stipitata*) es cultivado por productores locales a escalas pequeñas, debido a que es una fruta muy poco conocida y se consume únicamente de forma interna por los habitantes del sector en batidos y jugos, porque presenta dificultades de manejo de postcosecha. Su consumo es de forma natural ya que no se le otorga un valor agregado o proceso de transformación. Todo esto genera un elevado desperdicio debido a su desaprovechamiento. (Levy, 2014)

Según Molina (2016) el arazá tiene una cantidad de pectina en la parte que no es comestible (cáscara) de 4,17%, la parte comestible (mesocarpio) de la fruta, es decir la pulpa tiene 78,31% y la semilla 17,52%, mostrando que es útil para extraer pectina y ser aplicada en mermeladas, jaleas y confituras.

El cultivo de tuna en Ecuador generalmente se desarrolla en suelos áridos secos. Esta fruta es cultivada de manera artesanal debido a que se desarrolla en zonas poco fértiles, aunque también se puede encontrar de forma silvestre. (Risueño, 2006)

En Ecuador crecen cuatro variedades de tuna: la silvestre se produce en zonas áridas de carreteras o lotes vacíos; amarilla con espinas, es injerta entre la variedad silvestre y amarilla sin espinas; amarilla sin espinas es cultivada por parte de pequeños productores debido a su gran acogida; blanca no posee espinas y es muy dulce a diferencia de las demás especies. (Chala, 2016)

La tuna es un fruto no climatérico, que sufre deterioros por daños físicos y por tal motivo al ingerirla se producen infecciones patológicas. El fruto al no ser cosechado en un tiempo óptimo no es apto para el consumo humano ya que sufre deterioro, además afecta a la rentabilidad de los sistemas de producción. La fruta no es muy usada por la industria debido a que es un fruto poco conocido y se lo consume a pequeña escala en estado natural. (Risueño, 2006)

En el Ecuador no se han desarrollado sistemas productivos de ciertas frutas no tradicionales y se ha enfocado principalmente en exportar las materias primas a países que cuentan con un nivel tecnológico más elevado. Una gran cantidad de esta mercancía ingresan nuevamente al país con un valor agregado generando pérdidas económicas. Uno de los productos que se importan al Ecuador es la pectina, la cual podría ser producida en el país ya que se cuenta con recursos naturales necesarios para su producción.

La pectina se utiliza en la industria de alimentos como espesante, estabilizante, gelificante y emulsificante principalmente en la elaboración de mermeladas de frutas debido a que les otorga texturas agradables. Esta sustancia se localiza en las paredes celulares de los vegetales y en las frutas tiene gran concentración en las cáscaras. (García y Penagos, 2011)

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es el arazá una fuente de pectina útil para aplicarla como espesante en una mermelada de tuna?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Según información recopilada del Banco Central del Ecuador (BCE), no existen empresas que se dediquen a la obtención de pectina en el territorio nacional, las únicas empresas que se dedican a extraer pectina son para su propio uso y no para la comercialización. No se ha registrado una producción de pectina que cubra las necesidades del mercado interno, por tal

motivo es necesario importarla para poder comercializarla en el país; los países en donde más se produce de pectina son: México, Alemania, Brasil, España, Estados Unidos y Colombia. (BCE, Banco Central del Ecuador, 2015)

Según Almeida *et al.*, (2019) El Ecuador al igual que algunos países latinoamericanos es importador de pectina. Este gelificante y espesante natural está presente en diversos frutos y a pesar de tener una gran variedad de cultivos que se utilizan como materia prima para extraer este polisacárido, no existen empresas que lo realicen.

En Ecuador la producción de tuna abastece el mercado nacional. Esta fruta se la consume en pequeños porcentajes en mermeladas, dulce o jugos o de forma natural debido a que es una fruta poco conocida. También es usada por hoteles y restaurantes, para realizar arreglos de productos exóticos, debido a las coloraciones llamativas del producto. La tuna está limitada en su comercialización debido al desconocimiento de sus características nutricionales, y técnicas de cultivo, no hay un gran porcentaje de agricultores que se dediquen a aprovechar las zonas desérticas para realizar el cultivo de la fruta. (Risueño, 2006)

De acuerdo al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) en algunos cantones del Ecuador como Cevallos en la provincia de Tungurahua el cultivo de la tuna ha crecido por su rentabilidad y la poca exigencia de trabajos agrícolas en comparación a otros árboles de frutas. En la actualidad se cultiva la tuna en la población de El Juncal provincia de Imbabura por parte de la Asociación Mirador del Juncal, quienes están dedicados a aprovechar los suelos secos para la producción de la fruta y venderla a los distintos mercados del país, que genera ingresos económicos para las familias de los agricultores. (MAG, 2018)

El contenido de pectina de la pulpa de tuna es de 0,02 - 0,12 g de pectina/100 g de muestra, un contenido bajo que permitirá aplicar el espesante extraído a partir de arazá de tal manera que se podrá emplear en la mermelada para obtener una mejor textura. (Montilla, Tovar y Pacheco, 2019)

En la presente investigación se busca la obtención de pectina a partir del arazá, un producto amazónico y tropical con características nutricionales de suma importancia. En este estudio se utilizará la tuna amarilla con espinas ya que es la variedad que se cultiva en la zona del Valle del Chota, provincia de Imbabura.

El método que se usará para extraer la pectina es hidrólisis ácida utilizando específicamente ácido cítrico, y etanol al 96% (v/v) el cual permitirá una mejor precipitación de la pectina a diferencia de otros grados menores. (Cajo, 2020)

La pectina es muy importante en la elaboración de mermeladas debido a que permite espesar evitando la utilización de largos tiempos de concentración o colocar mucha azúcar, obteniendo así productos con mejor textura y con sabor más fresco y característico de la fruta.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Realizar la extracción de pectina a partir del arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros óptimos para el proceso de extracción de pectina mediante una hidrólisis ácida.
- Determinar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pectina extraída de arazá (*Eugenia stipitata*).
- Establecer las propiedades microbiológicas del mejor tratamiento de la pectina extraída de arazá (*Eugenia stipitata*) de acuerdo a los parámetros establecidos en la ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 para pectinas comerciales (Ceamsa).
- Evaluar las características fisicoquímicas de la mermelada elaborada con la adición de pectina extraída de arazá (*Eugenia stipitata*) de acuerdo a los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 0419 y la Norma NTE INEN 2825.
- Determinar el nivel de aceptación la mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*) a través de análisis sensorial.
- Comparar las características microbiológicas del mejor tratamiento de la mermelada elaborada con la adición de pectina extraída de arazá (*Eugenia stipitata*) con los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 0419.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los parámetros óptimos en el proceso de extracción de pectina mediante una hidrólisis ácida?
- ¿Cuáles son las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la pectina extraída de arazá?

- ¿La pectina extraída cumple con los requisitos microbiológicos establecidos en la ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 para pectinas comerciales (Ceamsa)?
- ¿La mermelada elaborada a partir de tuna cumple con los requerimientos fisicoquímicos establecidos en la Norma INEN 0419 y la Norma INEN 2825?
- ¿Cuál es el nivel de aceptación de la mermelada de tuna?
- ¿Las características microbiológicas del mejor tratamiento de la mermelada elaborada con la adición de pectina extraída de arazá (*Eugenia stipitata*), cumplen con los parámetros establecidos en la Norma NTE INEN 0419?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Higuera (2017) realizó un estudio sobre cómo aprovechar la cáscara de gulupa para obtener pectina aplicando el proceso de hidrólisis ácida usando HCl y dos variables: primero a pH de 3 y temperatura de 90°C, segundo a pH de 2 y temperatura de 80°C, según las combinaciones se obtuvo cuatro tratamientos A,B,C y D , de los cuales se evidenció que el mejor resultado fue por los tratamientos B(T= 80°C, pH = 3) y D (T=90°C, pH = 3) con un tiempo para los dos casos de 60 minutos y un rendimiento igual a 7,34 % para ambos casos, por lo tanto es factible la extracción de pectina.

Serrat *et al.* (2018) efectuaron una investigación de extracción de pectina utilizando como materia prima la pulpa de café fresca y seca en el sol, en el cual se aplicó hidrólisis ácida usando ácido clorhídrico y a pH diferentes de 1; 3; 1,3; en tres condiciones de temperatura 60,75 y 90 °C y tiempos de 40,65 y 90 minutos, obteniendo como mejor resultado 1 en cuanto a pH ya que se alcanzan los mejores rendimientos de 5,91% para la pulpa fresca, mientras que para la pulpa seca se obtuvo un rendimiento de 4,99%, por lo tanto se puede evidenciar que la pulpa secada a sol y la fresca no tienen diferencias significativas en cuanto al rendimiento de pectina.

Zegada (2015) en su estudio realizó la extracción de pectina utilizando como fuente principal la cáscara de naranja mediante dos métodos: hidrólisis ácida e hidrólisis ácida por microondas, usando pH entre 2,17 a 2,56, donde en el medio más ácido como lo es 2,17 se obtienen un mejor rendimiento a comparación de los siguientes valores, los dos métodos de extracción no tienen diferencias significativas en cuanto al rendimiento de pectina, pero se evidenció que mediante el proceso de hidrólisis ácida por microondas se realiza en proceso en menor tiempo, siendo un proceso que genera ahorros de energía.

Barreto *et al.* (2017) estudiaron el efecto de extraer y caracterizar la pectina conseguida de la piel de mango para lo cual se ejecutó por medio de hidrólisis ácida usando HCl, aplicando variables de pH (1,2,3), temperatura (80,90,100 °C), con un tiempo de 60 minutos, se aplicaron 27 tratamientos, de los cuales se evidenció que el pH adecuado para extraer la pectina fue 1, con una temperatura de 100 °C y el tiempos constante de 60 min, su rendimiento fue de 15,23% siendo el mejor tratamiento por su buen rendimiento.

Barrera *et al.* (2017), evaluaron la obtención de pectina utilizando como materia prima la cáscara de jaca por medio del proceso de hidrólisis ácida, para lograr esto, como medio de extracción utilizaron ácido cítrico a un pH 3 en tiempos diferentes, el primero a 30 minutos y el segundo a 40 minutos a una temperatura de 75°C, la cual permanece constante. Los resultados obtenidos mostraron que a los 40 min de extraer se consiguieron pectinas con muy buenas y mejores características en comparación a los 30 minutos, el rendimiento obtenido fue de 57,24%, el peso fue de 14064,25 eq/g, porcentaje de metoxilo 12,24%, cantidad de ácido anhidrogalacturónico de 71,51% y un grado de esterificación del 97,22%.

Vásquez (2017), realizó una investigación acerca de la extracción y determinación de la pectina utilizando la cáscara de plátano verde, para la extracción aplicaron el proceso de hidrólisis ácida aplicando HCl a un pH de 1,5 y de 3 durante 60 minutos a dos diferentes temperaturas, la una a 60°C y la otra a 80°C. Los resultados obtenidos mostraron que la pectina que se extrajo a un pH de 1,5 a temperatura de 60°C mostró mejores características en cuanto a humedad, contenido de cenizas y coloración, además fue la que tuvo mayor rendimiento (18,86%).

Chaparro *et al.* (2015) realizaron una investigación acerca de la extracción de la pectina utilizando higo como materia prima para aplicarla en una mermelada de piña. Utilizaron 3 diferentes estados de madurez de la fruta (madura, semi-madura y verde), se aplicó el proceso de hidrólisis ácida con ácido clorhídrico utilizando 2 como pH, a una temperatura de 85°C durante 40 min. Obteniendo que la pectina conseguida del higo en estado verde tuvo un mayor rendimiento (9,14%) con un alto metoxilo con una gelificación lenta, la cual es adecuada para ser utilizada en dulces de piña y obtener características agradables en cuanto a sabor, color y textura.

Cuesta y Dagnino (2017). Realizaron un estudio acerca de mermeladas de tuna, dentro de este se indica el proceso para su elaboración, para lo cual el primer paso es pelar la fruta a mano con la utilización de aguantes, retirar la semilla de la parte comestible con el uso de una licuadora y cernidor a continuación, se debe agregar un 10% de pectina y 4% de ácido cítrico para así aprovechar hasta un 50% del jugo de la tuna. Al agregar la pectina en la mermelada se observa que mejora la consistencia y al añadir ácido cítrico se incrementa el rendimiento de la mermelada. Mediante este proceso se logró implementar el proceso de elaboración de mermelada que contribuye al aprovechamiento de la tuna, la cual en su composición presenta un alto contenido de vitaminas A, B y C y fibra, lo cual permite obtener una mermelada con mejores características alimenticias.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Arazá

2.2.1.1. Características generales del arazá

Montes (2015) manifiesta que el arazá fue descubierto en el año de 1956 cuyo nombre científico es (*Eugenia stipitata*), el nombre del descubridor es R. McVaugh, esta fruta crece en un árbol que pertenece a familia myetaceas, su origen es de región amazónica de Perú exactamente en los ríos Marañón y Ucayali. La mayor parte de este fruto crece de forma silvestre en las regiones amazónicas. El arazá también es cultivado en algunos lugares del Ecuador como en la Amazonía en clima cálido húmedo, en la provincia de Orellana el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) incentiva a los moradores a cultivar dicha fruta para crear beneficios familiares. En la región Amazónica del Ecuador por lo general crecen y se cultivan frutos no tradicionales, estos brindan diversas características nutricionales a la salud de las personas.

Además, Enríquez (2015) indica que el arazá es caracterizado por ser ovalado, además tiene la forma de una guayaba pera, su cubierta es muy fina y delicada, su color depende del estado de madurez en el que se encuentre verde o maduro color amarillento, la pulpa de dicha fruta es ácida, pero tiene un aroma agradable, posee semillas. Esta fruta es altamente perecedera ya que tiene un grado de humedad alto.

En la tabla 1 se muestran la taxonomía del arazá.

Tabla 1. Taxonomía del arazá

Taxonomía del arazá	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta (Angiospermae)</i>
Clase	<i>Magnoliopsida (Dicotyledoneae)</i>
Subclase	<i>Rosidae (Archichlamydeae)</i>
Orden	<i>Myrtales (Myrtiflorae)</i>
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Género	<i>Eugenia</i>
Especie	<i>Stipitata</i>

Fuente: (Zambrano, 2014)

2.2.1.2. Regiones de cultivo del arazá en el Ecuador

Montes (2015) manifiesta que en Ecuador el arazá principalmente se produce la Amazonía; Provincia de Sucumbíos en los cantones Cascales, Lago Agrio, provincia de Orellana cantones Shushufindi, Sacha, Coca y Loreto, provincia de Napo en cantones Archidona, Tena, Provincia de Pastaza cantones Mera y Puyo, Provincia Morona Santiago cantones Palora y Sucúa,

Provincia Zamora Chinchipe en los cantones Yantzaza, El Pangui, Nangaritza y Centinela del Cóndor, también se produce en la Región costa en Manabí, Esmeraldas y Guayas, en Pichincha, Santo Domingo y En la provincia del Carchi en Chical, Tobar Donoso, Jijón y Camaño, El Goaltal.

2.2.1.3. Cultivo de arazá en la provincia del Carchi

El arazá es cultivado en las parroquias Chical, Tobar Donoso, Jijón y Camaño, El Goaltal, y en las comunidades de estas parroquias como: Unthal, Chical, Palmeras, Obando, Quinshul, Esperanza, Pailón, Guaña, Gualpi, San Marcos, Guare, Tronquería, entre otros. La producción se debe a la gran extensión vegetativa y el clima subtropical húmedo de dichos lugares. (Auz, 2018)

Levy (2014) manifiesta que en la parroquia Chical, se presenta una producción de arazá alta debido a que es una zona subtropical, y su suelo es apto para un buen crecimiento, su cultivo es realizado por los moradores del lugar y sus familias con la finalidad de un autoconsumo y venta del producto.

2.2.1.4. Uso del arazá

Esta fruta presenta excelentes características sensoriales las cuales son usadas para elaborar productos de forma artesanal o industrial, por lo general el arazá es consumido de forma artesanal debido a que es un fruto poco conocido, se lo consume en jugos, mermelada, néctar, yogurt, además es usado para elaborar perfumes y lociones debido a su buen aroma. Por lo general algunos pequeños emprendedores se dedican a la extracción de la pulpa de arazá, que posteriormente es usada para mezclas con yogurt natural, batidos. (Enríquez, 2015)

Además, Lima (2011) menciona que en el sector gastronómico el arazá es utilizado para preparar bebidas refrescantes, milk shake, bebidas alcohólicas como cocteles, además salsas para acompañar diferentes tipos de carnes, y diferentes postres.

2.2.1.5. Propiedades del arazá

Rojas (2018) indica que esta fruta posee diversas características nutricionales importantes para el ser humano, empleados principalmente para curar problemas digestivos y respiratorios. El arazá contiene diferentes nutrientes como: vitaminas A, B, C y minerales como: hierro, potasio., es un complemento alimentario ya que evita la anemia, fortifica encías y dientes y ayuda a mantener una piel más sana.

El arazá presenta buenas características sensoriales tanto en olor, color, sabor, tiene un elevado contenido de agua ayuda a la elaboración de jugos y batidos, además contienen un alto valor nutricional como se muestra en la tabla 2. (FAO, 1999)

Tabla 2. Valor nutricional por cada 100 g de arazá

Componente	Contenido
Proteína (% peso seco)	6-10,9
Carbohidrato (% peso seco)	70-80,6
Grasas (% peso seco)	0,5-3,8
Ceniza (% peso seco)	0,5
Fibra (% peso seco)	5,5-6,5
Nitrógeno (% peso seco)	1,31-1,75
Fósforo (% peso seco)	0,09
Potasio (% peso seco)	1,83- 2,47
Calcio (% peso seco)	0,16-0,22
Magnesio (% peso seco)	0,08-0,12
Vitamina A (mg. 100 g ⁻¹ peso fresco)	7,75
Vitamina B1 (mg. 100 g ⁻¹ peso fresco)	9,84
Vitamina C (mg. 100 g ⁻¹ peso fresco)	7,7-7,4

Fuente: (CONCOPE, 2009)

2.2.1.5. Índice de madurez del arazá

El estado de madurez del arazá depende del porcentaje de sólidos solubles totales presentes en la tabla 3 se indica un valor de referencia para cada estado de madurez.

Tabla 3. Índice de madurez del arazá °Brix

Estado de madurez	Sólidos solubles (°Brix)
Verde	1,00
Semimaduro	3,80
Maduro	4,20

Fuente: (Mena, 2010)

2.2.2. Aditivos Alimentarios

Son toda sustancia que normalmente no se consume como alimento en sí mismo, ni se usa como ingrediente característico de los alimentos, tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada con un propósito tecnológico a un alimento durante su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envasado, transporte o almacenamiento, tenga por efecto que el propio aditivo o sus subproductos se conviertan directa o indirectamente en un componente del alimento.

En otras palabras, los aditivos son sustancias que se usan para mejorar las características organolépticas de los alimentos, prolongar su conservación o facilitar su elaboración y uso. (Ulloa, 2017)

2.2.2.1. Aditivos sintéticos

Se consideran aditivos no naturales o sintéticos aquellos obtenidos mediante el empleo de productos de síntesis no presentes en la naturaleza y/o mediante operaciones que suponen generar o incorporar sustancias no naturales. La mayoría de los aditivos conservadores son artificiales, como puede ser el ácido benzoico o el sórbico, y son aquellos sintetizados a partir de elementos naturales o no, como el ascorbato de sodio. (Ulloa, 2017)

2.2.2.2. Aditivos naturales

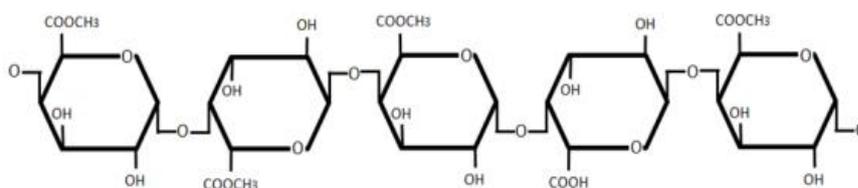
Los aditivos naturales de los alimentos son aquellos que se obtienen de productos presentes en la naturaleza, mediante operaciones de carácter físico que no impliquen la incorporación de otras sustancias no naturales. Este es el caso de muchos aditivos clasificados por su funcionalidad en el grupo de espesantes, gelificantes y estabilizantes, como la pectina de origen vegetal y el agar obtenido de algas, para los que no hay que recurrir a procesos de laboratorio. (Ulloa, 2017)

2.2.2. Pectina

2.2.2.1. Definición de pectina

Las pectinas están formadas por un extenso grupo de heteropolisacáridos y que esta constituidos por ácidos D-galacturónico unidos por enlaces glucosídicos.

Figura 1: Estructura química de la pectina



Fuente: (Montenegro, 2015)

Guerrero, Cruz y Arboleda (1971) mencionan que la pectina es un espesante que se obtiene de varias frutas, es importante para la industria alimentaria debido a que sirve para preparar mermeladas, compotas. Además, es utilizado por la industria farmacéutica para coagulantes sanguíneos y emulsificantes.

Así mismo Flores *et al.*, (2013) manifiestan que las pectinas son polisacáridos de origen natural, se encuentran en las paredes celulares de las plantas, por lo general se las adquiere de los desechos industriales dedicados al procesamiento de frutas como mermeladas, jaleas, zumos

con la finalidad de aprovechar la cáscara de algunas frutas. La pectina presenta grados de esterificación y neutralización diferentes, por lo general contiene de 200 a 1000 unidades de ácido galacturónico.

Badui (2012) manifiesta que las pectinas

Son sustancias pécticas comprenden un extenso grupo de heteropolisacáridos vegetales cuya estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas por enlaces glucosídicos α -D-(1,4), en la cual algunos de los carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal. Las pectinas se encuentran asociadas con otros hidratos de carbono, principalmente con hemicelulosas, en las paredes celulares de los vegetales, y son responsables de la firmeza de algunos productos. La disolución de los componentes de dicha pared celular, sobre todo de las pectinas, se ha relacionado con el ablandamiento de diversos alimentos. (p.92)

En la tabla 4 se muestra el porcentaje de pectinas en diferentes frutos

Tabla 4. Porcentaje de pectina en frutos (base)

Fruto	Pectina (%)
Cítricos	20-35
Manzana	10-15
Girasol	15-25
Remolacha	10-20
Maracuyá	15-20

Fuente: (Rojas, Perea y Stashenko, 2008)

2.2.2.2. Características de la pectina

Según Muñoz (2016) la pectina proviene de una de las familias de polisacáridos complejos que abundan en paredes celulares de las frutas, son heteropolisacáridos que tienen ramificaciones de ácido D-galacturónico (AGal) con enlaces α -(1→4).

Según Chasquibol, Arroyo y Morales (2008) las características químicas de las pectinas intervienen en el poder gelificante y en el grado de esterificación siendo así un elemento de importancia para identificar propiedades reológicas de la pectina, además se asocia con la creación del gel.

2.2.2.3 Clasificación de las Pectinas

2.2.2.3.1 Pectinas de alto metoxilo

Son aquellas en las que más del 50% de conjuntos carboxilo del ácido galacturónico está esterificado con metanol. Tienen la capacidad de conformar geles en ambientes de pH entre 2,8 a 3,5 y de sólidos solubles (azúcar) alrededor del 60% y 70%, aproximadamente 65%. En

general y en teoría, una pectina puede contener un 16% de metoxilo, sin embargo, en investigaciones realizadas se ha obtenido que tiene cerca al 14%. Debido a esto se ha planteado como fijo el 7% de metoxilo (50% de esterificación) como división para distinguir las clases de pectina en base al contenido de metoxilo. Las pectinas de elevado metoxilo tienen la posibilidad de subdividirse en 2 conjuntos: las de gelificación inmediata, es decir menos de 5 min y poseen un nivel de esterificación entre el 68 al 75%. Y las de gelificación lenta, es decir forman geles después de 5 minutos y poseen 60-68% de esterificación. (Ferreira, 2007)

Badui (2012) indica que las pectinas de alto porcentaje metoxilo son cuanto gelifican a pH de 2 a 3,5 con un porcentaje de azúcar del 60 a 65%.

Mediante estudios de difracción de rayos X se ha comprobado que los geles integrados de esta manera se estabilizan mediante un gran número de enlaces débiles; 162 los carboxilos se encuentran protonados y crean puentes de hidrógeno entre sí o con los hidroxilos de una molécula vecina de pectina o del disacárido. (p.98)

2.2.2.3.2 Pectinas de bajo metoxilo

Ferreira (2007) menciona que las pectinas de bajo metoxilo son aquellas en las que menos del 50% de grupos hidroxilo permanecen esterificados con metanol. Necesitan la existencia de cationes divalentes para poder formar geles, principalmente se utiliza calcio. En esta situación el gel pasa por la creación de enlaces de estos cationes con moléculas de pectina contiguos conformando una red tridimensional con la ayuda de los grupos carboxilo de las pectinas. Los geles tienen la posibilidad de adquirir alrededor de 1 a 7 en pH; el pH no perjudica la textura del gel ni la cantidad de sólidos solubles y varía entre 0% y 80% sin embargo la existencia de calcio (40-100 mg) es el elemento principal al momento de formarse el gel. La ausencia de calcio genera que no se formen geles, también es posible utilizar magnesio como alternativa.

Badui (2012), menciona que para formar geles con pectinas de bajo metoxilo es necesario la presencia de iones calcio y 3 a 6 en pH. Además menciona que no es necesario la aplicación de sacarosa aunque en pequeñas cantidades contribuye a aportar mejor rigidez debido a que beneficia la interacción carboxilo-calcio.

2.2.2.4 Peso equivalente

Es llamado también equivalente gramo o masa equivalente. Es la masa de un equivalente o de una sustancia específica la cual reemplaza o genera una reacción con un mol de iones hidrógeno en alguna reacción de un ácido con una base o electrones en una reacción redox. Tiene

dimensiones y unidades de masa. Se consigue de las masas molares. (Mendoza, Jiménez y Ramírez, 2017)

2.2.2.5 Acidez Libre

Es el total de ácidos fuertes presentes en el agua, se expresa en miliequivalentes de una base fuerte que se necesitan con el fin de neutralizar un litro de agua cuando se aplica un indicador, tales como el rojo de metilo. (Cavero, 2020)

2.2.2.6 Grado de esterificación

Esterificación es un proceso donde se sintetiza un éster, el cual es una sustancia que se deriva cuando reacciona un ácido carboxílico con un alcohol. El grado de esterificación se encuentra unido al grupo carboxilo de las cadenas de pectina de los desechos de ácido urónico con etanol etílico. (Montenegro, 2015)

López (2013) menciona que el grado de esterificación se divide en pectina rica en grupos metoxil (Pectina HM) y pobre en grupos metoxil (Pectina LM), se consideran pectina HM cuando su valor sea mayor al 50%, significando que este producto gelifica a concentraciones en °Brix mayores al 55% (w/w), y a pH de 2 a 3,5. Pectina LM su valor debe ser menor al 50%, la gelificación se debe realizar en presencia de iones de calcio además se efectúa a pH de 2 a 6,5 y la concentración debe estar entre 0,5 y 1,5 %.

2.2.2.7 Métodos de extracción de la pectina

Las pectinas dependen de su procedimiento de extracción siendo un factor muy importante, por tal motivo los métodos de extracción pueden ser químicos, enzimáticos y físicos, siendo los más empleados en la industria. (Muñoz, 2016)

2.2.2.7.1. Métodos químicos

Muñoz (2016) menciona que hay muchos procesos de extracción química de pectina, incluidos dos pasos principales. La primera consiste en extraer la pared celular por hidrólisis. La hidrólisis se realiza mediante ácidos orgánicos (como el acético, cítrico, láctico, málico, tartárico) y ácidos inorgánicos (como ácido nítrico, ácido clorhídrico, ácido fosfórico y ácido sulfúrico), o mediante agentes quelantes (como EDTA), oxalato de amonio o hexametáfosfato de sodio). La segunda etapa consiste en separar la pectina extraída por precipitación con alcohol. La pectina se extrae a alta temperatura hidrolizando la pectina original en múltiples etapas de una serie de procesos físicos y químicos, durante la hidrólisis y extracción de la pectina se verán afectados

diferentes factores, como la temperatura, el pH y el tiempo. Generalmente, la extracción con ácido es el método más común y el rendimiento es mayor, mientras que la extracción con agente quelante encontrará dificultades para eliminar los residuos del agente quelante, y la extracción alcalina puede reducir el grado de metoxilo y acetilación de polímeros. La pectina en manzanas y frutas cítricas generalmente se extrae con ácido, y el ácido nítrico es una de las pectinas más utilizadas. Otras publicaciones del mismo autor muestran que el uso de ácido cítrico es un buen extractante en términos de retener los parámetros intrínsecos de la pectina (es decir, grado de metoxilación, Mw, etc.). Los parámetros de extracción más adecuados son una temperatura de 60-100 ° C, un tiempo de 20-360 minutos y un pH de 1,4 - 3. La pectina de las frutas cítricas, de la manzana y de la remolacha se extrae principalmente con ácidos inorgánicos, los que más se utilizan son el ácido clorhídrico y el ácido nítrico.

2.2.2.7.2. Métodos físicos y enzimáticos

De acuerdo a Muñoz (2016) el proceso físico de extracción de pectina aún está en desarrollo y su aplicación en la industria es limitada. Sin embargo, ahora están surgiendo varias tecnologías como las microondas o los ultrasonidos de alta intensidad (US). La tecnología de microondas se usa ampliamente en la producción de alimentos y es una nueva tecnología para extraer pectina de cítricos, manzanas, entre otros. Es conocido por su breve tiempo de extracción y consumo de disolventes y su alto rendimiento. En este proceso, hay tres parámetros principales que establecen la calidad de una pectina: potencia, tiempo de extracción y pH del solvente. En el tratamiento de US, la energía generada por cavitación aumenta la transferencia de masa del sustrato sólido al solvente, intensificando así la separación de compuestos de fuentes naturales. Se trata de una técnica eficaz que reduce el tiempo de extracción y reduce el uso de disolventes tóxicos. Por este motivo, se deben optimizar los parámetros básicos como tiempo, temperatura e intensidad ultrasónica para la extracción. Un último método de extracción es mediante la utilización de enzimas de aplicación en la industria alimentaria. Es un método que contribuye a cuidar el medio ambiente porque se generan pocos residuos, ya que se evita la generación de otras reacciones que se producen a consecuencia de los métodos químicos, debido a que las enzimas son más seleccionadas se aplican concentraciones más bajas, además de que se emplean valores de presión y temperaturas bajas. Por otro lado, una gran desventaja de este método es que resulta más costosa de cuando se utilizan métodos químicos para la extracción de pectina. Las enzimas más utilizadas para la obtención de pectina son las proteasas y celulasas.

2.2.3. Tuna

2.2.3.1. Características generales de la tuna

Díaz (2019) expresa que la tuna (*Opuntia ficus-indica*) pertenece al grupo de las cetáceas (familia), su existencia oscila de más de 5000 años A.C., nativa de Latinoamérica. Esta planta es capaz de tolerar elevadas temperaturas y sobrevivir cuando se genera escasez de lluvia, tiene la capacidad de adaptarse muy bien a zonas áridas con ambientes secos, ausencia de lluvia y a los suelos poco fértiles que se encuentran expuestos a la erosión.

Valenzuela (2015) indica que el cultivo de la tuna en el Ecuador, se lo ha realizado desde hace 13 años aproximadamente en el pueblo del Valle del Chota, de forma artesanal en zonas secas y áridas del país, ocupa superficies de alrededor de 300 a 1000m². Sus frutos se consumen de manera natural por los campesinos y pobladores locales, además su comercialización es en pequeñas cantidades en algunos mercados del Ecuador. La tuna es poco conocida, es posible encontrarla casi todo el año, principalmente las especies amarilla y blanca, es utilizada en la elaboración de bebidas y mermeladas, además de que posee excelentes cualidades nutritivas y sensoriales (olor y sabor) incluso superiores a las de otras frutas, tales como que es diurético, contribuye a reducir el colesterol y triglicéridos y es considerada un antioxidante natural.

En la tabla 5 se muestra la taxonomía de la tuna

Tabla 5. Taxonomía de la tuna

Taxonomía de la tuna	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Cactaceae</i>
Tribu	<i>Opuntiae</i>
Género	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i> Mill

Fuente: (Sáenz y Berger, 2006)

En la tabla 6 se pueden observar las características físico-químicas de la pulpa de tuna.

Tabla 6: Composición química de la pulpa de tuna

Característica	Cantidad
Vitamina C (mg/100g)	19,6
Sólidos totales (°Brix)	8,3
pH	5,9
Acidez titulable (% ácido cítrico)	0,01
Azúcares totales (%)	9,28
Humedad	0,16

Fuente: (Terán, Navas, Petit y Garrido, 2015)

2.2.3.2. Zonas de cultivo

De acuerdo a Gonzáles e Icaza (2007) la tuna se produce en algunas zonas de Ecuador, principalmente en las provincias de Imbabura y Loja, debido a que en dichos territorios existe un clima caluroso, el cual es adecuado para la reproducción de esta planta. Además, existen cultivos en Santa Elena, Manta, Portoviejo, Arenillas, Loja, Valle del Chota y Guayllabamba donde existen zonas secas y áridas para su correcto desarrollo.

2.2.3.3. Tipos de tunas producidas en Ecuador

2.2.3.3.1 Tuna Silvestre

Chadan (2016) expresa que la tuna silvestre crece sin la necesidad de técnicas de cultivo, de forma libre en el campo. Sus hojas y frutos son muy pequeños en comparación con otras variedades. Su mayor problema es que se encuentra plagada de cochinilla, el cual es un parásito del cual se puede extraer colorante natural para ser utilizado en la industria.

2.2.3.3.2 Amarilla con espinas

Esta clase de tuna es el resultado de la combinación de la tuna amarilla sin espinas con la tuna silvestre, debido a la polinización de los insectos. Sus frutos son grandes y de forma redonda. Es muy apetecida por los consumidores debido a su pulpa o comida amarilla. (Chadan, 2016)

2.2.3.3.3 Tuna Blanca

Chadan (2016) manifiesta que esta especie tiene un fruto de forma alargada. Su pulpa posee un sabor mucho más dulce en comparación a las otras variedades de tunas. Una de las ventajas más importantes de esta variedad es que resiste a la agresión de enfermedades. Además de que es de fácil manipulación debido a la ausencia de espinas.

2.2.3.3.4 Amarilla sin espinas

Esta variedad posee hojas y fruto libres de espinas. Es la más apreciada por los campesinos. También gran acogida en los mercados y apetecida por los campesinos Su color hace que esta variedad sea más apetitosa para los consumidores, una de sus desventajas es que la planta de la tuna es muy delicada. (Chadan, 2016)

2.2.3.4. Propiedades nutricionales

Novillo (2015) menciona que la tuna posee grandes atributos antisépticos y astringentes apto para las personas con diarreas, además posee propiedades alcalinizantes, apropiada para las personas que sufren de úlceras gástricas. Tiene propiedades eficientes para las enfermedades del corazón, ya que incrementa su fuerza. Sus semillas contribuyen a aliviar a las personas con estreñimiento. Antiguos campesinos andinos consumían su jugo para controlar o sanar la fiebre y su pulpa la aplicaban para tratar las hernias, hígado irritado, dolores de estómago y diarreas.

En la tabla 7 se muestra el contenido nutricional de la tuna

Tabla 7. Contenido nutricional en 100 gramos de parte comestible de tuna

Componentes	Contenido
Calorías	31
Humedad	90,60
Carbohidratos	8 g
Ceniza	0,4 Ag
Fibra	0,5 g
Proteína	0,5 g
Calcio	22 mg
Fósforo	7 mg
Hierro	0,3 mg
Niácina	0,3 mg
Rivoflavina	0,02 mg
Tiamina	0,01 mg
Vitamina C	30 mg

Fuente: (Espino, Rafael y Tingal, 2012)

2.2.3.5. Usos de la tuna

Gunners (2019) manifiesta que de la tuna se puede utilizar el mucílago, la cáscara, la pulpa y también sus compuestos químicos en la producción de aceites para consumo humano, pectinas y colorantes. También se utiliza en la fabricación de vinos, licores, jugos, miel, queso de tuna, mermeladas, jaleas, deshidratados para dulces con alto valor energético, así como también en la producción de barras de cereales, alcohol industrial, vinagre, aromatizantes, pasta y harina forrajera. Es utilizada para el tratamiento medicinal, como astringente, antiinflamatorio, antipirético, analgésico, tonificante, afrodisíaco y laxante, además de que tiene la capacidad de producir energía para la elaboración de gas metano, biomasa y enzimas, así como también es posible la extracción de pectina de la penca y extraer colorantes con la infesta del insecto Carmín de la Cochinilla.

2.2.5. Mermelada

Freire (2012) expresa que es el resultado obtenido de la concentración del azúcar con la pulpa de fruta hasta que se genere una solución semisólida. Mientras se realiza la concentración, el agua de la fruta se evapora, los tejidos se ablandan y debido a esto la fruta absorbe el azúcar y libera pectina y ácidos. Para lograr esta solidificación se agrega pectina y ácido hasta alcanzar los grados brix correctos o deseados (68°Brix). La pectina tiene la función de transformar a sólido una solución que contenga 65% de azúcar y máximo 0,8% de ácidos, el pH adecuado de la mermelada se encuentra entre 3 hasta 3, 4 al agregar la pectina y el ácido se contribuye a disminuir el tiempo de cocción, además de obtener un producto de mejor calidad. Una mermelada adecuada debe tener una consistencia pastosa pero no dura, sus principales características son que debe poseer un color brillante y atractivo, mostrando el color adecuado de acuerdo a la fruta utilizada en su elaboración. Para obtener una buena mermelada es recomendable utilizar fruta madura con fruta que recién ha sido cosechada debido a que la fruta muy madura contiene bajas cantidades de pectina y por lo tanto no gelificará.

2.2.5.2. Características de las mermeladas

2.2.5.2.1 Azúcares

Para conseguir una mermelada de calidad, obtener la gelificación adecuada y un sabor adecuado, es necesario que el azúcar añadido corresponda al 60% del peso final de la mermelada, aunque la mermelada resultante obtendrá mayor cantidad de azúcares debido al azúcar natural que se encuentra en las frutas. (Freire, 2012)

2.2.5.2.2 Grado Brix

En la industria alimentaria, la escala Brix es utilizada para obtener o medir la cantidad de azúcares presentes en sustancias dulces, como mermeladas, el resultado se mide en grados brix y se la realiza mediante el uso de un refractómetro. Por ejemplo, si se tiene una solución de agua más azúcar y se obtiene 30°Brix, quiere decir que en 100 gramos de solución 70g son de agua y 30g son de sacarosa. (Freire, 2012)

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

La investigación se realizó con enfoque mixto; cuantitativo por que se obtuvieron datos de la experimentación tanto físicos como químicos, y cualitativo en la evaluación sensorial. Se manipularon datos para así comprobar la hipótesis, teniendo como base la medición numérica y el análisis estadístico, se obtuvo mayor visión sobre los productos elaborados al utilizar frutas de buena calidad.

3.1.2. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo experimental ya que, a través de pruebas se establecerán relaciones de causa a efecto con la ayuda de un grupo experimental, además de utilizar operaciones al azar para seleccionar y asignar sujetos. Se basará en una serie de ensayos de laboratorio los cuales permitió llegar a determinar y a establecer los valores de las diferentes propiedades establecidas para la presente investigación. Por consecuencia de la crisis sanitaria que enfrenta actualmente el mundo entero debido al COVID-19, y la modalidad de estudio virtual no es posible realizar pruebas sensoriales con jueces semi-entrenados, pero se aplicó una prueba afectiva para determinar la aceptación del producto con jueces consumidores (no entrenados), de tal manera se pretende obtuvo resultados objetivos en cuanto al sabor, olor, color y textura del producto final mermelada de tuna.

El trabajo de investigación se basó en la utilización de la fruta de arazá para aprovecharla en la extracción de pectina y ésta utilizarla en la elaboración de productos como la mermelada de tuna. Para ello la investigación se enfocó en los aspectos principales: bibliografía y experimentación. Se manipularon las variables independientes, para así definir a partir de los resultados obtenidos, las condiciones más adecuadas para la obtención de pectina.

3.2. HIPÓTESIS

H₀: ¿No permite el arazá obtener un buen rendimiento en la obtención de pectina necesaria para la elaboración de mermelada de tuna?

H1: ¿Permite el arazá obtener un buen rendimiento en la obtención de pectina necesaria para la elaboración de mermelada de tuna?

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Extracción de pectina

Variable independiente

Obtención de pectina que depende de dos dimensiones que son:

A. Estado de madurez de la fruta

A1. Verde

A2. Semi- maduro

A3. Maduro

B. pH de la solución de ácido cítrico

B1. 2

B2. 4

B3. 6

Variable dependiente

- Rendimiento de pectina
- Propiedades fisicoquímicas
- Análisis microbiológico

Formulación de mermelada

Variable independiente

A. Cantidad de pectina

A1. 0,5% del peso total de la fruta

A2: 1% del peso total de la fruta

B. Cantidad de fruta

B1. 50%

B2. 60%

C. Tiempo y temperatura de cocción

C1. 75°C x 35 min

C2. 85°C x 25 min

Variable dependiente

- Características sensoriales
- Propiedades fisicoquímicas
- Análisis microbiológico

3.3.2. Operacionalización de variables

En la tabla 8 se muestra la operacionalización de variables, se mencionan los métodos e instrumentos que se utilizaron para poder realizar la extracción de pectina.

Tabla 8. Operacionalización de variables de la extracción de pectina

Variables independientes	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
pH del ácido cítrico	Evaluación de acidez	pH	Potenciometría	AOAC 981.12
Estado de madurez de la fruta	Evaluación de tres estados de madurez de la fruta	°Brix	-Medición de sólidos solubles con Refractómetro	AOAC 932.12
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Rendimiento de pectina	Evaluación del peso de pectina extraída	Gramos de pectina obtenidos	Gravimetría	(Sommano, SR, Ounamornmas, P., Nisoa, M., Sriwattana, S., Page, P. y Colelli, G., 2018)
	Grado de esterificación	Titulación con hidróxido de sodio a 0,1N, miliequivalentes consumidos en la titulación.	Volumétrica	(Owens, Mccready, Shepherd, & Shults, 1952)
Calidad de la pectina	Grado de metoxilo	Miliequivalentes de hidróxido de sodio a 0,1 N consumidos en la titulación	Volumétrica	(Owens, Mccready, Shepherd, & Shults, 1952)
	Análisis fisicoquímicos	Ceniza	Gravimetría	AOAC 923.03
	Análisis microbiológicos	Humedad		AOAC 925.10
		<i>mohos y levaduras</i>		AOAC 989.10
		<i>Salmonella</i>		AOAC 989.10
		<i>Echerichia Coli.</i>	Petrifilm	AOAC 989.10
				AOAC 989.10

En la tabla 9 se indica la operacionalización de variables, en donde se mencionan los métodos e instrumentos que se utilizaron para realizar los análisis de calidad de la mermelada.

Tabla 9. Operacionalización de variables formulación de mermelada

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Cantidad de pectina	de Porcentaje	0.5% y 1%	Gravimetría	Norma NTE INEN 0419: Conservas vegetales. Mermelada de frutas. Requisitos
Cantidad de fruta	Porcentaje	50 y 60%	Gravimetría	Pre – ensayos de laboratorio
Tiempo temperatura y cocción	de Minutos y °C	75°C x 35 min 85°C x 25 min	Observación directa	Pre – ensayos de laboratorio
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Análisis de la calidad de la mermelada	Análisis físico-químico.	Cenizas pH ° Brix	-Gravimetría -Potenciometría - Refractómetro	-NTE INEN 401 - (Mendoza, 2006)
	Análisis sensorial	Olor Color Sabor Textura	Pruebas de aceptación con escala hedónica de 5 puntos	-Hoja de cata
	Análisis microbiológico	-mohos levaduras (UFC/g)	y Petrifilm	- NTE INEN 1529-10

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1 Extracción de pectina

Para extraer la pectina se utilizó el método de hidrólisis ácida, este método es conveniente debido a que Sánchez *et al.*, (2011) manifiestan que el mejor método para realizar la extracción de pectinas es la hidrólisis ácida debido a que se usa a nivel industrial y se obtienen rendimientos altos, a continuación, se detalla el proceso:

Insumos: Arazá en tres estados de madurez (maduro, semimaduro y verde), ácido cítrico, etanol a 96% v/v, agua destilada.

Materiales y equipos

Estufa, pH-metro, termómetro, balanza analítica, cocina, probeta, Erlenmeyer, vidrio reloj, procesador de alimentos, vaso de precipitación, ollas de acero inoxidable, cuchillos, cucharones, coladores, papel filtro, papel aluminio, acidómetro, balanza semi-analítica, crisoles, pinzas para crisoles, espátula, embudo, bandejas.

Reactivos

Ácido cítrico

Ácido clorhídrico 0,25N

Hidróxido de sodio 0,1N

Etanol 96 % v/v

Fenolftaleína

Determinación del estado de madurez de la fruta

Para determinar los estados de madurez del arazá se utilizó los °Brix como indicador, para su medición se usó un refractómetro en donde se señalan los valores obtenidos en la tabla 9 y se los compara con lo establecido por (Cuéllar y Arenas, 2013).

En la tabla 10 se muestra el estado de madurez de la fruta basado en los °Brix

Tabla 10. Estado de madurez de la fruta

Madurez de la fruta	°Brix
Arazá verde  	1,5
Arazá semimaduro  	3,50
Arazá maduro  	5,10

Figura 2. Estados de madurez de la fruta

Extracción de pectina por el método de hidrólisis ácida

Para el desarrollo de este proceso se tomó en cuenta el trabajo realizado por (Devia, 2003) que explica proceso para producir pectinas cítricas.

Recepción de materia prima: La materia prima de este proceso fue el arazá, dicho producto se obtuvo de la parroquia chical vendido por el señor Jefferson Espinoza.

Selección: se procedió a escoger las frutas verificando que no presenten ningún tipo de daños externos.

Lavado 1: el producto fue lavado con agua corriente eliminando cualquier tipo de contaminante.

Pesado: se pesó la fruta teniendo en cuenta que se usaron 1000 gramos de materia prima para cada tratamiento.

Escaldado: Se procedió a calentar la materia prima hasta un punto de ebullición por 10 minutos con la finalidad de inactivar enzimas.

Filtrado 1: se procedió a filtrar el agua de la materia prima.

Triturado: mediante el procesador de alimentos se trituró la materia prima.

Concentrado: se colocó el triturado en una solución de ácido cítrico con diferentes pH 2,4 y 6. Para realizar la cocción se aplicó una temperatura de 90°C por 30 min.

Enfriado: se enfrió el concentrado con la finalidad de realizar una filtración.

Filtrado 2: con la ayuda de una tela se filtró el residuo de agua para obtener el concentrado libre de agua, para un mejor resultado se realizan dos filtrados.

Precipitado: se procedió a colocar etanol al 96 % v/v con la finalidad de limpiar residuos amargos por 4 horas.

Filtrado 3: se filtró los residuos de etanol con el uso de telas filtro.

Secado: se procedió a extender en bandejas el residuo de la precipitación para secarlo en una estufa a 60°C de temperatura por 24 horas.

Triturado: se realizó un proceso de molienda de la película resultante con un molino de rosca con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas.

Empacado: se empacó la pectina resultante en fundas ziploc, con la finalidad de evitar la proliferación de agentes contaminantes.

Almacenado: se realizó en un lugar seco y fresco libre de humedad.

En la figura 3, se presenta el flujograma de proceso de extracción de pectina.

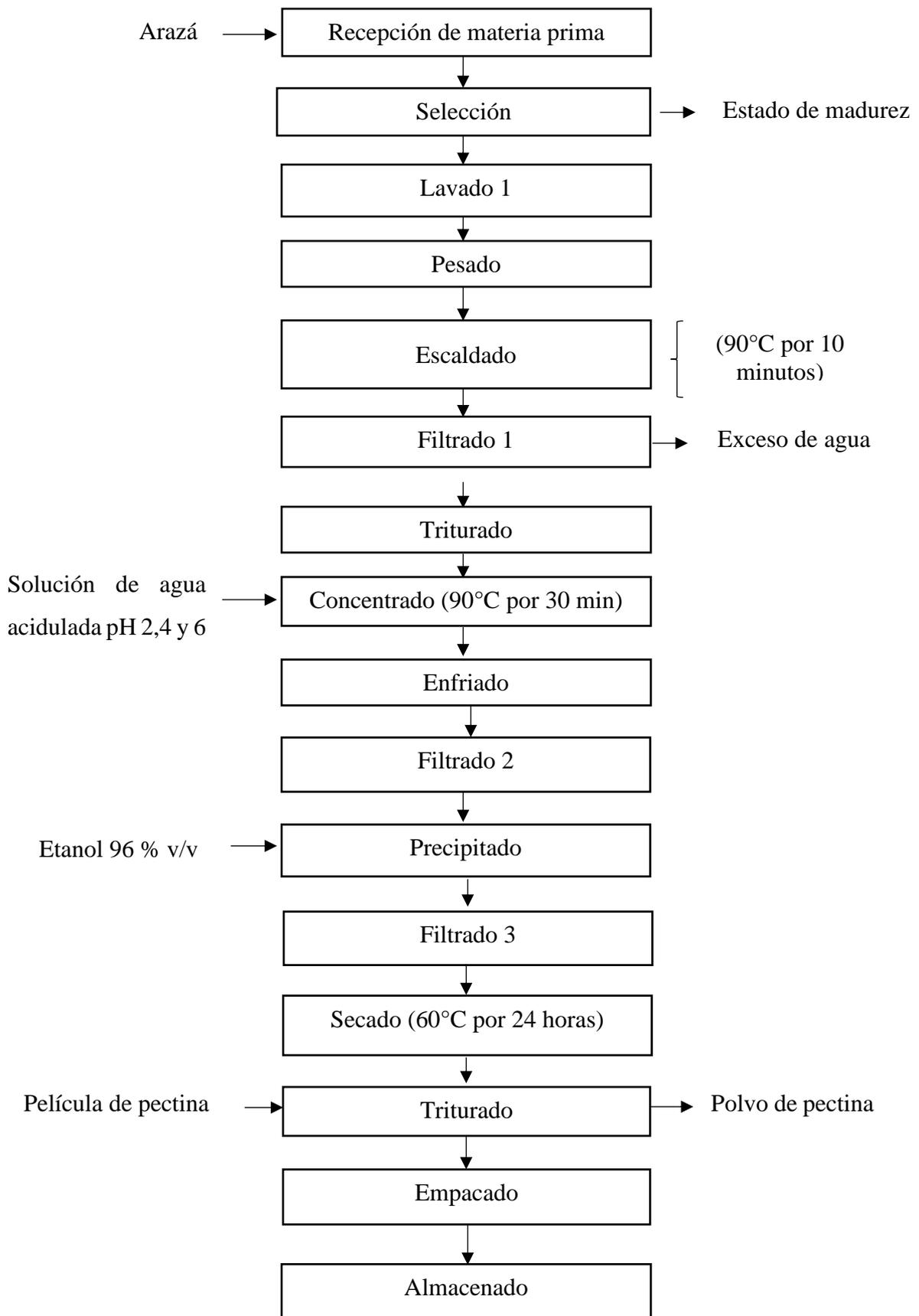


Figura 3. Diagrama de flujo de proceso de extracción de pectina

Rendimiento de pectina

Para determinar el mejor tratamiento en cuanto a la extracción de pectina se determinó rendimiento en porcentaje mediante la siguiente fórmula propuesta por Sommano *et al.*, (2018)

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Pectina seca (g)}}{\text{peso de materia prima (g)}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 1}$$

3.4.2 Análisis fisicoquímicos de la pectina

3.4.2.1 Humedad

Para calcular el contenido de humedad lo primero que se realizó es colocar los crisoles en la estufa a 105°C por 1 hora, luego se pesan 3 g de la pectina en crisoles previamente pesados y enfriados en el desecador, después se colocó la muestra en la estufa a 105°C por 4 horas, seguido de esto se sacó la muestra de la estufa y se procedió a enfriar en el desecador por 30 minutos, finalmente se pesó las muestras resultantes y se procedió a realizar los cálculos.

Cálculos

$$\text{Contenido de humedad en la muestra (\%)} = \frac{s - (w_1 - w_0)}{s} * 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

w_0 = peso inicial del crisol en gramos

w_1 = Peso del crisol con la muestra (pectina) después del secado en gramos

s = Peso de la muestra (pectina en gramos)

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

3.4.2.2 Contenido de Cenizas

Lo primero que se realizó fue colocar un crisol limpio en la estufa a una temperatura de 550°C durante 3 horas, y luego se dejó enfriar durante 1 hora, después se procedió a pesar el crisol y colocar 3 gramos de la pectina a una temperatura de 550 °C para incinerar la muestra hasta que se formen cenizas de color blanquecino por tiempo aproximado de 3 horas, finalmente se procedió a enfriar los crisoles en el desecador por una hora y se pesaron en una balanza analítica, para realizar los cálculos respectivos.

Cálculos

$$\% = \frac{w_2 - w_1}{s} * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

w_2 = Peso del crisol de porcelana después de ser insinerado en gramos

w_1 = Peso inicial del crisol de porcelana en gramos

s = Peso de la muestra (pectina) en gramos

Este proceso se realizó de acuerdo al método AOAC 923.03 establecido en (CODEX, 2015)

3.4.2.3 Peso equivalente

Para este cálculo se procedió a colocar 0,5 gramos de la muestra de pectina de arazá en un Erlenmeyer de 250 ml, luego se colocó en la muestra de pectina 0,5 ml de etanol a 95 % (v/v), después se agregó 100 ml de agua destilada, seguidamente a esta muestra se le colocaron 6 gotas de fenolftaleína y se procedió a agitar y titular con hidróxido de sodio 0,1N hasta cambiar el color inicial de amarillo a rojizo.

La Figura 4 se muestra la pectina, mezclada con alcohol, agua destilada, hidróxido de sodio y fenolftaleína como indicador, de tal manera que se observa un color amarillo marrón.



Figura 4. Peso equivalente

Aplicando la técnica de (Owens, *et al.*, 1952), da como resultado una solución de color rojizo, esto se debe a que se tituló con hidróxido de sodio 0,1 N hasta obtener el color rojo como se indica en la figura 5.



Figura 5. Técnica de Owens

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq.NaOH}} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

mg componente ácido = Tamaño de la muestra en miligramos

meq. NaOH = Miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación

3.4.2.4 Acidez libre

Para el cálculo de la acidez libre se aplicaron los miliequivalentes gastados en la titulación del peso equivalente y se aplica la siguiente fórmula.

$$\text{Acidez libre} = \frac{\text{meq.NaOH}}{\text{g componente ácido}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

meq. NaOH = Miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación

g componente ácido = Tamaño de la muestra en gramos

3.4.2.5 Grado de metoxilo

Se usó la solución obtenida anteriormente agregando 25 ml de hidróxido de sodio a 0,1 N, agitándolo y dejándolo reposar por un tiempo de 30 minutos, luego procedió a colocar 25 ml de ácido clorhídrico 0,25 N, agitando se tituló con hidróxido de sodio a 0,1 N hasta obtener una coloración rojiza permanente por un tiempo de 20 segundos, se aplicó la siguiente fórmula de Owens *et al.*, (1952).

$$\% \text{Metoxilo} = \frac{\text{meq.de NaOH} \times \text{PM del metoxilo}}{\text{peso de la muestra en mg}} \times 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

meq. de NaOH = Miliequivalentes de hidróxido de sodio gastados en la titulación

PM del metoxilo = Peso molecular del metoxilo (CH₃O)

peso de la muestra = miligramos de la muestra

3.4.2.6 Grado de esterificación

Se calculó en base a los meq gastados de NaOH en la determinación de acidez libre y contenido de metoxilo. Owens *et al.*, (1952)

$$\% \text{Grado de esterificación} = \frac{\text{meq B}}{(\text{meq A} + \text{meq B})} \times 100 \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

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

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

3.4.2.7 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos sirven para identificar la presencia de agentes patógenos causantes de alteraciones al producto final, en la cual se evaluó, *mohos y levaduras*, *Salmonella*, *Escherichia coli*, tomando en cuenta la ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 para pectinas comerciales (Ceamsa), primero se realizó una esterilización del material de vidrio, luego se pesó 10 gramos de la muestra de pectina y se colocó 90 ml de agua pectona en un frasco, seguidamente se procedió a sembrar la muestra en las placas petrifilm para *mohos y levaduras*, *Salmonella*, *Escherichia coli* dentro de la cámara de flujo laminar aplicando 1 ml de muestra en el centro de cada placa, se cerró cuidadosamente las placas para evitar que se formen burbujas y finalmente se incubo las placas *Escherichia coli* 24 horas, *Mohos y levaduras* 5 días y *Salmonella* por 48 horas, después de este tiempo se procedió a realizar el conteo de colonias.

3.4.3 Formulación de mermelada de tuna

Para la formulación de la mermelada aplicando la pectina extraída se realizó diferentes formulaciones combinando tres factores los cuales son tiempo y temperatura, cantidad de pectina, porcentaje de pulpa de fruta.

Insumos: Tunas, azúcar, pectina extraída de arazá, ácido cítrico.

Materiales y equipos: Estufa, pH-metro, termómetro, balanza analítica, cocina, probeta, Erlenmeyer, procesador de alimentos, vaso de precipitación, ollas de acero inoxidable, cuchillos, cucharones, balanza semi-analítica, crisoles, pinzas para crisoles, brixómetro.

Proceso de elaboración de mermelada de tuna aplicando la pectina extraída

Recepción: se recolectó la tuna amarilla con guantes y un cuchillo para desprenderla de su planta.

Selección: las frutas recolectadas se seleccionaron de acuerdo a las condiciones de su cáscara, si presentan putrefacción, descomposición o magulladuras graves se rechazan.

Lavado: se lavaron las frutas con abundante agua y con el uso de guantes para evitar que las espinas se introduzcan en la piel. Este paso tiene el fin de eliminar residuos extraños, tierra, microbios, insectos los cuales pueden estar adheridos a la tuna.

Pelado: Se pelaron las frutas con el uso de un cuchillo de acero inoxidable, de preferencia, para mayor facilidad primero se desprendió la parte inferior y superior del fruto, luego se quitó la cáscara por la mitad en forma vertical y se separó la parte comestible del fruto.

Cortado: se cortó la parte comestible de la fruta en cuatro pedazos para mayor facilidad al momento de extraer la pulpa.

Pulpeado y pesado: se licuó la fruta en una licuadora sin la necesidad de agregar agua y sin que las semillas se trocean para evitar que la mermelada resulte amarga. A continuación, con la ayuda de un cernidor se separaron las semillas de la pulpa para obtener una mejor consistencia. Al finalizar se pesó la cantidad de pulpa y demás ingredientes que se van a utilizar posteriormente.

Cocción: se sometió la pulpa a ebullición y se añadió los ingredientes teniendo en cuenta las diferentes concentraciones de pulpa/azúcar. Se debe remover la mezcla constantemente para evitar que se pegue al recipiente.

Concentración: se realiza a temperatura de ebullición con la finalidad de eliminar agua mediante evaporación, se adiciona la parte restante de azúcar mezclada con la pectina hasta conseguir la concentración de °Brix deseados.

Envasado: una vez terminada la cocción se retira la mermelada de la fuente de calor y se envasa en caliente en frascos de vidrio previamente esterilizados y de forma inmediata se coloca la tapa dejando un espacio de cabeza, después se voltea cuidadosamente las mermeladas de tal manera que la tapa este en contacto con la superficie y la parte inferior este encima.

Enfriado y Almacenado: se deja los frascos a temperatura ambiente hasta que se enfríen o se realiza el enfriado con agua fría para de esta manera limpiar los residuos de mermelada que pueden estar impregnados en la parte exterior de los frascos.

A continuación, se indica en la figura 6 el proceso de elaboración de mermelada de tuna de forma resumida.

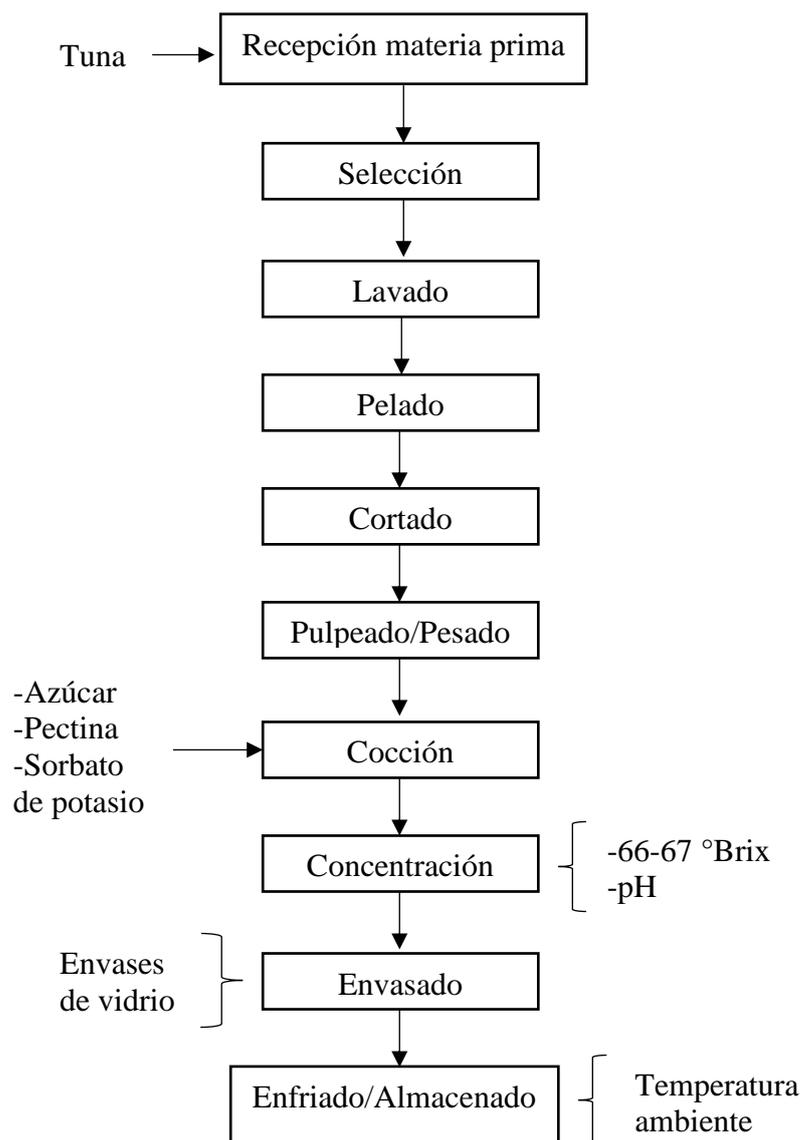


Figura 6. Flujograma de proceso de mermelada de tuna

3.4.4 Análisis fisicoquímicos mermelada

Para los análisis fisicoquímicos se basó en las normas NTE INEN 0419 y la INEN 2825 (CODEX STAN 296-2009, MOD), normas para mermeladas y jaleas.

3.4.4.1 Determinación de °Brix

Se midió los °Brix con la finalidad de determinar el total de sacarosa disuelta en el líquido, mediante el uso de un refractómetro de marca BOECO con escala de 0 a 90, en cual se aplicó una gota de muestra sobre el vidrio cerrando la tapa de plástico con cuidado para que la muestra

este muy bien esparcida y luego mirando hacia la luz se observó la marcación de los grados de la muestra.

3.4.4.2 Determinación de pH

Mendoza (2006), menciona que la medición de pH sirve para identificar los iones de hidrógeno presentes en un alimento. Para este procedimiento se usó un pH metro portátil digital, lo primero que se realizó tomar la muestra en un vaso de precipitación y se colocó el sensor hasta que se detuvo la variación de números, se tomó lectura del número marcado en la pantalla del equipo.

3.4.4.3 Determinación de cenizas

El contenido de cenizas indica el valor total de minerales presentes en un alimento, para la determinación de este parámetro se basó en la norma NTE INEN 401, lo primero que se realizó es colocar la cápsula en la estufa a 550°C por 15 minutos enfriar en el desecador y pesarla, luego en la cápsula previamente pesada colocar 10 gramos de la muestra (mermelada), y se procedió a colocarla en una fuente de calor para su evaporación, seguidamente se colocó unas gotas de aceite de oliva y se calcinó hasta que deje de hervir, después se colocó la muestra en la estufa a 550°C hasta obtener una sustancia blanquecina, seguidamente se deja enfriar la muestra y se procede a pesar.

Cálculos

$$\%C = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100$$

Ecuación 2

Siendo:

C = cantidad de cenizas de la mermelada en porcentaje

m_1 = masa inicial de la cápsula en gramos

m_2 = masa de la cápsula con la mermelada (antes de la desecación), en gramos

m_3 = masa de la cápsula con las cenizas (después de la incineración), en gramos

3.4.4.4 Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial a todos los tratamientos para identificar el mejor tratamiento, para lo cual se usó una prueba afectiva para determinar la aceptabilidad del producto en donde fue aplicada a 50 jueces no entrenados debido a la emergencia sanitaria que se enfrenta actualmente se aplicó las pruebas a personas cercanas con la finalidad de obtener dichos resultados. Para esto se utilizó la hoja de cata (Anexo 9) con una escala hedónica como se

muestra en la tabla 11 en donde se evaluaron los atributos de color, olor, sabor y textura del producto.

Tabla 11. Escala hedónica

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

3.4.4.5 Análisis microbiológico

Los análisis microbiológicos son usados para determinar la presencia de microorganismos patógenos causantes de alteraciones en alimentos, en la presente investigación se *evaluó mohos y levaduras* de acuerdo a la norma NTE INEN 1529-10, primero se realizó una esterilización del material de vidrio, luego se procedió a pesar 10 gramos de la muestra de mermelada y se colocó 90 ml de agua pectona en un frasco, luego se tomó las placas petrifilm para *mohos* y *levaduras* dentro de la cámara de flujo laminar se realizaron 4 disoluciones (1,2,3,4) después se procedió a sembrar con la ayuda de una pipeta se colocó 1 ml en el centro de la placa, se cierra cerró cuidadosamente para evitar que se formen burbujas y finalmente se incubo las placas por 5 días a una temperatura de 25°C, después de este tiempo se procedió a realizar el conteo de colonias.

Cálculos

$$N = \frac{\text{número total de colonias contada o calculada}}{\text{Cantidad total de muestra sembrada}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Siendo:

N = número de unidades propagadas (UP)

3.4.5 Análisis Estadístico

En la presente investigación se identificó el efecto que tiene la aplicación de una pectina extraída a partir de arazá aplicándola en la elaboración de una mermelada de tuna y la evaluación de las características fisicoquímicas y sensoriales.

El diseño experimental será completamente aleatorizado con nivel de 95% de confianza, la prueba de Tukey permitirá identificar las diferencias estadísticas significativas que existe entre los tratamientos.

El diseño experimental para la extracción de pectina constó 2 factores con 3 niveles, por triplicado siendo un total 9 tratamientos por triplicado, permitiendo obtener 27 unidades experimentales.

Para la formulación de mermelada de tuna fueron 3 factores con 2 niveles por triplicado consiguiendo 24 unidades experimentales.

Se midió la variabilidad estadística en cuanto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos de todos los tratamientos para determinar la diferencia significativa de cada formulación.

Para determinar las características sensoriales se utilizó una escala hedónica verbal de 5 puntos con una evaluación sensorial.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para analizar los datos obtenidos del diseño experimental.

El software empleado fue: Minitab

3.4.5.1 Tratamientos

Es necesario definir los tratamientos a realizarse en las dos etapas de la investigación en función de las variables detectadas, a continuación, se detalla la definición de variables y tratamientos para la extracción de pectina en la tabla 12 y para la formulación de la mermelada en la tabla 13.

Tabla 12. Definición de variables y tratamientos para la extracción de pectina

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Estado de madurez	A ₁	Verde
		A ₂	Semimaduro
		A ₃	Maduro
B	pH de la solución	B ₁	2
		B ₂	4
		B ₃	6

Tabla 13. Definición de variables y tratamientos para la formulación de mermelada

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Cantidad de pectina	A ₁	0,5% del peso total de la fruta
		A ₂	1% del peso total de la fruta
B	Cantidad de fruta	B ₁	50%
		B ₂	60%
C	Tiempo y temperatura de cocción	C ₁	75°C x 35 min de cocción
		C ₂	85°C x 25 min de cocción

3.4.5.2 Extracción

Para la extracción de pectina a partir de arazá se formulan diferentes tratamientos como se observa en la Tabla 14. El TUE es la cantidad de fruta de la cual se va a extraer la pectina.

Tabla 14. Esquema del experimento para la extracción de pectina

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1	Estado de madurez verde + pH 2	3	1 kg
A1B2	Estado de madurez verde + pH 4	3	1 kg
A1B3	Estado de madurez verde + pH 6	3	1 kg
A2B1	Estado de madurez Semimaduro + pH 2	3	1 kg
A2B2	Estado de madurez Semimaduro + pH 4	3	1 kg
A2B3	Estado de madurez Semimaduro + pH 6	3	1 kg
A3B1	Estado de madurez maduro + pH 2	3	1 kg
A3B2	Estado de madurez maduro + pH 4	3	1 kg
A3B3	Estado de madurez maduro + pH 6		1 kg
UE			27

Nota 1. T.U.E = Tamaño de la unidad experimental y U.E = unidad experimental

3.4.5.3 Formulación

Para la formulación de una mermelada de tuna con la adición de pectina extraída de arazá se formulan diferentes tratamientos como en la tabla 15. El TUE es la cantidad de mermelada a obtener.

Tabla 15. Esquema del experimento para la formulación de mermelada

Tratamiento	Esquema del experimento	R	TUE
A1B1C1	Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 75°C x 35 min de cocción.	3	1 kg
A1B2C1	Pectina 0,5% del peso total de la fruta+ 60% de fruta+ 75°C x 35 min de cocción	3	1 kg
A2B1C1	Pectina 1% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 75°C x 35 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
A2B2C1	Pectina 1% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 75°C x 35 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
A1B2C2	Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
A1B1C2	Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
A2B1C2	Pectina 1% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
A2B2C2	Pectina 1% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción	3	1 kg
UE			24

Nota 1. T.U.E = Tamaño de la unidad experimental y U.E = unidad experimental

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la extracción de pectina a partir del arazá.

4.1.1 Extracción de pectina

4.1.1.1 Rendimiento

Los resultados obtenidos del rendimiento de pectina de arazá se muestran en la tabla 16.

Tabla 16. Rendimiento de pectina

Unidad experimental 1000 g				
Tratamiento	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Repetición 3 (%)	Media
T1	2,90	2,45	2,78	2,71±0,23 ^a
T2	1,95	2,20	2,03	2,06±0,12 ^b
T3	1,32	1,64	1,44	1,46±0,16 ^{bc}
T4	2,35	1,30	2,20	1,95±0,56 ^b
T5	1,70	1,53	1,63	1,62±0,08 ^{bc}
T6	1,50	1,35	1,45	1,43±0,07 ^{bc}
T7	1,64	1,50	1,60	1,58±0,07 ^{bc}
T8	1,10	1,32	1,30	1,24±0,12 ^c
T9	1,04	1,10	1,03	1,05±0,03 ^c

En la tabla 16 se puede observar que hay diferencias estadísticamente significativas, siendo el tratamiento T1 (Estado de madurez verde + pH 2), diferente a los demás tratamientos ya que indica una media de 2,71, debido a que la fruta al estar en un estado de madurez verde contiene mayor cantidad de pectina y al realizar la hidrólisis ácida a pH bajos se obtiene mayor rendimiento. El T2 (Estado de madurez verde + pH 4) con una media de 2,06, es el segundo tratamiento con buen rendimiento debido a las condiciones de extracción, además se observa que los tratamientos T5, T7, T3, T6 son estadísticamente iguales debido a que comparten el mismo rango (bc). El T9 (Estado de madurez maduro + pH 6) obtuvo una media de 1,06, indicando un menor rendimiento comparado con los demás tratamientos.

4.1.1.2 Análisis físicoquímicos de la pectina

4.1.1.2.1 Humedad

En la tabla 17 se evidencia el contenido de humedad es muy variable debido a que las condiciones de extracción (estado de madurez de la fruta) fueron diferentes. En la ficha técnica para pectinas comerciales CEAMPECTIN RS 4710 (Ceamsa), se establece que el valor máximo es 12%. Todos los tratamientos tienen un valor apto en cuanto a humedad debido a que no superan el 10%, indicando que son aptos para el almacenamiento evitando la proliferación de microorganismos patógenos. Además, los tratamientos que comparten el mismo rango fueron T1, T8 con un rango de (f) y los tratamientos T4 y T2 un rango de (g), indicando que hay diferencia estadísticamente significativa.

Tabla 17. Humedad pectina

Tratamiento	Humedad
T1	5,300±0,00 ^f
T2	4,500±0,00 ^g
T3	6,700±0,00 ^d
T4	4,600±0,00 ^g
T5	5,700±0,00 ^e
T6	10,10±0,00 ^a
T7	8,40±0,00 ^b
T8	5,200±0,00 ^f
T9	7,200±0,20 ^c

4.1.1.2.2 Cenizas

En la tabla 18 se evidencia que los tratamientos son estadísticamente diferentes. Los resultados obtenidos oscilaron entre 0,9 y 3,5 % debido a que los parámetros de extracción (estado de madurez de las frutas) fueron diferentes para todos los tratamientos. El contenido de cenizas más alto fue el del tratamiento T7 (Estado de madurez maduro + pH 2), con un valor de 3,5%, y el de menor contenido fue el T3 con 0,9%, además los tratamientos que fueron estadísticamente iguales son T8 y T4 con un rango de (e). La ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 (Ceamsa), establece que el contenido de cenizas para una pectina de uso farmacéutico y alimentario debe ser menor al 1%, además la norma INS: 40 expuesta por la FAO para pectinas establece que el valor máximo debe ser 2%, dentro de estos valores se encuentran los tratamientos T5, T8, T4, T1, T9, T3.

Tabla 18. Ceniza pectina

Tratamiento	Ceniza
T1	1,100±0,00 ^f
T2	2,700±0,00 ^b
T3	0,9000±0,00 ^h
T4	1,200±0,00 ^e
T5	1,800±0,00 ^d
T6	2,600±0,00 ^c
T7	3,500±0,00 ^a
T8	1,200±0,00 ^e
T9	0,9567±0,058 ^g

4.1.1.2.3 Peso Equivalente

El cálculo del peso equivalente se realizó a partir de la ecuación 4 con los datos obtenidos a partir de la técnica de Owens *et al.*, (1952). En la titulación con hidróxido de sodio se gastaron 7 ml los cuales transformados a miliequivalentes se obtuvo 0,37 meq.

Datos

$$7 \text{ ml gastados titulación} = 7 \text{ ml} * 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 14910 \text{ mg}$$

$$\text{Peso atómico NaOH} = 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}$$

Valencia NaOH 1

$$\rho_{\text{NaOH}} = 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Donde:

$$\text{meq} = \frac{\text{mg}}{\text{peso atómico}} * \text{valencia}$$

$$\text{meq} = \frac{14910 \text{ mg}}{40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}} * 1$$

$$\text{meq} = 0,37 \text{ Miliequivalentes gastados de hidróxido de sodio}$$

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

$$\text{Peso equivalente} = \frac{500}{0,37} = 1351,35 \text{ mg/meq}$$

Se observó que el peso equivalente es de 1351,35 mg/meq, lo que demuestra que se encontraron en un rango apropiado.

4.1.1.2.4 Acidez libre

El cálculo de la acidez libre se realizó a partir de la ecuación 5 con los datos obtenidos a partir de la técnica de Owens *et al.*, (1952).

Datos

$$7 \text{ ml gastados titulación} = 7 \text{ ml} * 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 14910 \text{ mg}$$

$$\text{Peso atómico NaOH } 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}$$

Valencia NaOH 1

$$\rho_{\text{NaOH}} = 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Donde:

$$\text{meq} = \frac{\text{mg}}{\text{peso atómico}} * \text{valencia}$$

$$\text{meq} = \frac{14910 \text{ mg}}{40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}} * 1$$

$$\text{meq} = 0,37 \text{ Miliequivalentes gastados de hidróxido de sodio}$$

$$\text{Acidez libre} = \frac{\text{meq. NaOH}}{\text{g componente ácido}}$$

$$\text{Acidez libre} = \frac{0,37 \text{ meq}}{0,5 \text{ g}}$$

$$\text{Acidez libre} = 0,74 \text{ meq Carboxilos libres /g}$$

(Libres/g)

El resultado obtenido para acidez libre dio como fue 0,74 meq Carboxilos libres/g.

4.1.1.2.5 Grado de metoxilo

Para la determinación del grado de metoxilo se usó la ecuación 6, se gastaron 18 mililitros de hidróxido de sodio lo que equivale a 0,95 meq.

Datos

$$18 \text{ ml gastados titulación} = 18 \text{ ml} * 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} = 38340 \text{ mg}$$

$$\text{Peso atómico NaOH } 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}$$

Valencia NaOH 1

$$\rho_{\text{NaOH}} = 2,13 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

Peso molecular de metoxilo (CH₃O) 31 (mg/ meq-g)

Donde:

$$\text{meq} = \frac{\text{mg}}{\text{peso atómico}} * \text{valencia}$$

$$meq = \frac{38349 \text{ mg}}{40000 \frac{\text{mg}}{\text{mol}}} * 1$$

$$meq = 0,95$$

$$\%Metoxilo = \frac{meq. \text{ de NaOH} \times PM \text{ del metoxilo}(CH_3O)}{\text{peso de la muestra en mg}} \times 100$$

$$\%Metoxilo = \frac{0,95 \times 31}{500 \text{ mg}} \times 100$$

$$\%Metoxilo = 5,89 \%$$

El resultado obtenido en cuanto al porcentaje de metoxilo del mejor tratamiento de la pectina de arazá T1 (Estado de madurez verde + pH 2) es de 5,89 %. Según Owens *et al.*, (1952) indica que al ser menor de 7% la pectina obtenida es de bajo metoxilo.

4.1.1.2.6 Grado de esterificación

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el cálculo del grado de esterificación a partir de la ecuación 7. En donde se usaron los miliequivalentes obtenidos para la determinación de acidez libre (0,37 meq) y la determinación del contenido de metoxilo (0,97 meq).

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

$$\% \text{ Grado de esterificación} = \frac{(0,95)}{(0,37 + 0,95)} \times 100$$

$$\% \text{ Grado de esterificación} = 71,96 \%$$

4.1.1.2 Análisis Microbiológico

Los resultados para los análisis microbiológicos de la pectina de arazá se indican en la tabla 19:

Tabla 19. Análisis microbiológico pectina

Parámetro analizado	Unidad	Pectina de arazá	CEAMPECTIN RS 4710 Requisitos
<i>Mohos y levaduras</i>	UFC/g	<10 UFC	< 300
<i>Salmonella</i>	UFC/g	0 UFC	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	0 UFC	Negativo

En el análisis microbiológico del mejor tratamiento T1 (Estado de madurez verde + pH 2) de la pectina de arazá se obtuvo que es apta para utilizarla en la elaboración de productos alimenticios, debido a que los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 para pectinas comerciales (Ceamsa).

4.1.2 Formulación de mermelada de tuna

Los resultados obtenidos en la elaboración de mermelada de tuna, se presentan a continuación:

4.1.2.1 Análisis fisicoquímicos

4.1.2.1.1 Grados (°Brix)

En la tabla 20 se exponen los resultados obtenidos en la medición de grados brix de todos los tratamientos de la mermelada de tuna.

Tabla 20. °Brix

Tratamiento	°Brix
T1	65,00±0,00 ^b
T2	65,33±0,57 ^b
T3	65,33±0,57 ^b
T4	65,00±0,00 ^b
T5	67,00±0,00 ^a
T6	67,00±0,00 ^a
T7	66,66±0,57 ^a
T8	67,00±0,00 ^a

Según la tabla 20 se establece que hay diferencias estadísticamente significativas, los tratamientos T8, T6, T5 y T7 con una media de 67,00 comparten el mismo rango de (a), esto indica que son estadísticamente iguales entre sí, al igual que los tratamientos T3, T2, T4 Y T1 comparten el mismo rango (b) lo que indica que son estadísticamente iguales entre sí con una media de 65.

Los resultados obtenidos en cuanto a °Brix se relacionan con el tiempo de cocción de la mermelada y se encuentran dentro de los parámetros establecidos en las normas INEN 419 y 2825 para la elaboración de mermeladas.

4.1.2.1.2 pH

En la tabla 21 se detallan los resultados de la medición de pH a todos los tratamientos de la mermelada de tuna.

Tabla 21. pH mermelada

Tratamiento	pH
T1	3,42667±0,0057 ^a
T2	3,42667±0,0057 ^a
T3	3,43667±0,015 ^a
T4	3,43667±0,015 ^a
T5	3,450±0,000 ^a
T6	3,44667±0,0057 ^a
T7	3,44667±0,0057 ^a
T8	3,44667±0,0057 ^a

En la tabla 21 se evidencia que todos los tratamientos son estadísticamente iguales debido a que comparten el mismo rango(a), con una media de 3,4 esto se debe a que se obtuvo el mismo pH para todos los tratamientos, además este valor se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 419 para mermeladas.

4.1.2.1.3 Cenizas

En la tabla 22 detallan los resultados obtenidos en la determinación de cenizas de todos los tratamientos de la mermelada de tuna.

Tabla 22. Ceniza de la mermelada

Tratamiento	Cenizas
T1	0,3300±0,00 ^b
T2	0,3300±0,00 ^b
T3	0,3200±0,017 ^b
T4	0,3200±0,017 ^b
T5	0,3400±0,00 ^{ab}
T6	0,3400±0,00 ^{ab}
T7	0,3600±0,00 ^a
T8	0,3600±0,00 ^a

En la tabla 22 se puede identificar que los tratamientos son estadísticamente diferentes. Los resultados de las medias están entre 0,32 y 0,36 debido a que las condiciones de elaboración de la mermelada fueron diferentes en todos los tratamientos. Se puede observar que el contenido más alto de cenizas tiene una media de 0,36 que corresponde a los tratamientos T7 y T8 y el menor contenido de cenizas fue el T3 con un valor de 0,32. El T7 y T8 son iguales porque comparten el mismo rango (a), de igual manera los tratamientos T1, T2, T3 y T4 con un rango de (b).

4.1.2.2 Determinación del mejor tratamiento

4.1.2.2.1 Análisis Sensorial

Para este análisis se aplicó una prueba de aceptabilidad, el número de catadores fue 50 jueces no entrenados, se evaluó mediante una hoja de cata con una escala hedónica de 5 puntos como se indica en la tabla 23, los atributos evaluados fueron (color, olor, sabor y textura).

Tabla 23. Escala hedónica de 5 puntos

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta
5	Me gusta mucho

Color

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

Tabla 24. Color

Tratamiento	Media	Criterio
T1	3,340 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T2	3,580 ^b	Me gusta
T3	3,920 ^{ab}	Me gusta
T4	2,660 ^d	No me gusta ni me disgusta
T5	2,920 ^{cd}	No me gusta ni me disgusta
T6	4,260 ^a	Me gusta
T7	3,360 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T8	3,820 ^{ab}	Me gusta

En cuanto al atributo color se identifica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, además no comparten el mismo rango. De acuerdo a los catadores el mejor tratamiento fue el T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) con una media de 4,26 y el de menor aceptación fue el T4 (Pectina 1% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 75°C x 35 min tiempo y temperatura de cocción) con una media de 2,66.

Olor

En la tabla 25 se muestran los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al parámetro Olor.

Tabla 25. Olor

Tratamiento	Media	Criterio
T1	3,440 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T2	4,840 ^a	Me gusta mucho
T3	4,020 ^b	Me gusta
T4	3,760 ^{bc}	Me gusta
T5	3,300 ^{cd}	No me gusta ni me disgusta
T6	4,680 ^a	Me gusta mucho
T7	3,360 ^{cd}	No me gusta ni me disgusta
T8	2,760 ^d	No me gusta ni me disgusta

En cuanto al atributo olor se identifica que existe diferencias significativas entre los tratamientos, y no comparten el mismo rango. Además, se determinó que el tratamiento de mayor aceptabilidad en cuanto al olor fue el T2 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta+ 60% de fruta+ 75°C x 35 min de cocción) con una media de 4,84 y el de menor fue el T8 (Pectina 1% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) con una media de 2,76.

Sabor

En la tabla 26 se detallan los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al parámetro sabor.

Tabla 26. Sabor

Tratamiento	Media	Criterio
T1	3,360 ^{bcd}	No me gusta ni me disgusta
T2	3,200 ^{cd}	No me gusta ni me disgusta
T3	2,520 ^e	No me gusta ni me disgusta
T4	3,700 ^{bc}	Me gusta
T5	3,900 ^{ab}	Me gusta
T6	4,380 ^a	Me gusta
T7	2,920 ^{de}	No me gusta ni me disgusta
T8	2,860 ^{de}	No me gusta ni me disgusta

En cuanto al atributo sabor se establece que hay diferencias significativas entre los tratamientos, además no comparten el mismo rango. Se puede identificar que el tratamiento de mayor aceptabilidad en cuanto al sabor fue el T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) con una media de 4,38 y el de menor fue el T3 (Pectina 1% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 75°C x 35 min tiempo y temperatura de cocción) con una media de 2,52.

Textura

La tabla 27 se indican los resultados de la evaluación sensorial en cuanto al parámetro textura.

Tabla 27. Textura

Tratamiento	Media	Criterio
T1	3,200 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T2	3,040 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T3	4,160 ^a	Me gusta
T4	3,340 ^{bc}	No me gusta ni me disgusta
T5	2,240 ^d	Me disgusta
T6	4,680 ^a	Me gusta mucho
T7	2,720 ^{cd}	No me gusta ni me disgusta
T8	3,400 ^b	No me gusta ni me disgusta

En cuanto al atributo sabor se establece que existe diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, además no comparten el mismo rango. Se puede afirmar que el tratamiento T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) presentó una calificación de medias de 4,68 lo que indica que a los evaluadores les gusta mucho el producto, en comparación al tratamiento T5 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 60% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) que no obtuvo una buena aceptación ya que su calificación fue de 2,24 con un criterio de me disgusta.

4.1.2.2 Análisis microbiológico mermelada

En la Tabla 28 se muestran los resultados del análisis microbiológico del tratamiento T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) debido a que fue el mejor teniendo una buena aceptación en la evaluación sensorial.

Tabla 28. Análisis microbiológicos mermelada de tuna

Parámetro	Unidad	Norma NTE INEN 419	Resultados
Recuento de mohos y levaduras	UFC/g	Valor máximo 30 UFC/g	<10 UFC/g

El recuento microbiológico del mejor tratamiento de mermelada T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) indica que es apta para el consumo humano cumplimiento con los parámetros establecidos en la norma INEN 419.

4.2 DISCUSIÓN

4.2.1 Extracción de pectina

Rendimiento

Castillo (2018) en su investigación sobre la evaluación de pectinas cítricas de mandarina y toronja obtuvo como resultados en los rendimientos para la mandarina y toronja un porcentaje de 8,22 % y 15,76 %, respectivamente, utilizaron hidrólisis ácida como método de extracción con ácido cítrico a pH de 1,5 y 3 a una temperatura de 80 y 90 °C. Así mismo Moscoso (2015), en su estudio de extracción de pectina cítrica de toronja, naranja y sidra menciona que el rendimiento de toronja fue de 10,55 %, sidra 10,04 % y naranja 8,97%, además para la extracción usó el método de hidrólisis ácida con ácido cítrico y ácido clorhídrico. Por otra parte, Galeas (2015) en su estudio sobre la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahití obtuvo un rendimiento de 14,49%.

Sánchez *et al.*, (2011) manifiestan que el mejor método para realizar la extracción de pectinas es la hidrólisis ácida debido a que se usa a nivel industrial y se obtienen rendimientos altos, su proceso se lleva a cabo usando ácido cítrico, clorhídrico y fosfórico a pH bajos que oscilan entre (1,5 y 3).

Los resultados expuestos en la tabla 15 difieren de lo expuesto anteriormente, debido a que se obtuvo un rendimiento bajo, de todos los tratamientos se evidenció que los mejores fueron el T1 (Estado de madurez verde + pH 2), seguido del T2 (Estado de madurez verde + pH 4), obteniendo un rendimiento de 2,7% y 2,06 % respectivamente en relación a 1000 gramos de muestra, los rendimientos se ven influenciados por el estado de madurez verde y por el pH. El

rendimiento más bajo obtenido fue en el T9 (Estado de madurez maduro +pH 6), dichos resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Maldonado y Salazar (2010) en donde indica que cuando una fruta va cambiando de estado de madurez sus elementos de la pared celular y lámina de la célula vegetal realizan grandes cambios en sus estructuras lo que produce una alteración en la textura de la fruta, después de someter a temperaturas elevadas las sustancias pécticas (celulosa y hemicelulosa) se ablandan y el contenido de pectina se va reduciendo generando un menor rendimiento. Además, Zegada (2015) en su estudio extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja menciona que el rendimiento se ve influenciado por el pH, de tal manera que a menor pH mayor rendimiento y a mayor pH menor rendimiento.

Humedad

La ficha técnica para pectinas comerciales CEAMPECTIN RS 4710, y la norma INS: 40 Pectinas expuesta por la FAO (2009), manifiestan que el porcentaje de humedad debe ser menor al 12%. Además, Ticona (2019) en su estudio caracterización físico química de la pectina del mesocarpio del fruto corryocactus, obtuvo que el porcentaje de humedad fue menor a 4%, indicando que es beneficioso para su conservación y su posible aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica.

Los datos que se muestran en la tabla 16 presentan valores que están dentro de lo establecido por los autores mencionados anteriormente, ya que el valor máximo de humedad fue 10,10% para el T6, con este resultado se indica que la pectina es apta para su conservación pues evita el crecimiento de microorganismos patógenos.

Ceniza

La norma INS: 40 Pectinas expuesta por la FAO (2009) y la ficha técnica para pectinas comerciales CEAMPECTIN RS 4710, indican que el contenido de ceniza no debe superar el 1%, de igual manera Pillajo (2021) en su investigación sobre la determinación fisicoquímica de películas de alginato-gelatina y pectina menciona que una pectina para ser usada en la industria alimentaria y farmacéutica su contenido de cenizas debe ser menor al 2%, así mismo Galeas (2015) en su trabajo basado en la obtención de pectina de limón obtuvo como resultado 1,21 % en cuanto al contenido de cenizas de su producto, valores que están dentro de las especificaciones para pectinas.

En la tabla 17 se evidencia la misma tendencia en relación a las investigaciones ya mencionadas, a excepción de los tratamientos T7 (Estado de madurez maduro + pH 2), T2 (Estado de madurez verde + pH 4) y T6 (Estado de madurez semimaduro + pH 6) que presentaron valores mayores al 2%, esto se debe a que cuando hay un alto contenido de cenizas existe presencia de adulterantes inorgánicos.

Peso equivalente de la pectina

En el estudio realizado por Higuera (2017) sobre la extracción de pectina de cáscara de gulupa afirma que una pectina de calidad debe poseer un peso equivalente de 1578,70 mg/meq, lo que indica que cuando el peso equivalente es mayor la fuerza del gel aumenta. De igual manera León y Riveros (2014) en su estudio extracción de pectina cáscara de maracuyá obtuvieron un peso equivalente de 1567,78 y 1578,70 mg/meq. Por otra parte, Mejía, *et al.*, (2017) manifiestan que una pectina debe poseer un peso equivalente alto ya que al momento de aplicarla se facilitará la formación de geles.

En la presente investigación se calculó el peso equivalente del mejor tratamiento T1 (estado de madurez verde + pH 2), obteniendo 1351,35 mg/meq, siendo un valor bajo a comparación de los reportados por los estudios anteriores, pero la diferencia es un valor bajo de 227,34 mg/meq, de tal manera se puede afirmar que la pectina extraída de arazá es de buena calidad capaz de formar geles firmes.

Acidez Libre

En el estudio realizado por Barreto *et al.*, (2017) sobre extracción de pectina de mango de azúcar obtuvieron un valor para acidez libre de 0,86 (meq/g), el cual fue comparado con una pectina comercial con un valor de 0,78 (meq/g), siendo una diferencia leve y afirmando que la pectina es de calidad, la diferencia se debe a que la acidez libre es mayor cuando los pH de extracción son bajos. De igual manera un estudio realizado por Bereche (2018), sobre extracción de pectina de cáscara de mango de variedad EDWARD obtuvo como resultado una acidez libre de 0,86 (meq/g), afirmando que la pectina es de calidad y se puede aplicar en las industrias alimentarias y otras áreas.

El valor obtenido de acidez libre para el mejor tratamiento T1 (estado de madurez verde + pH 2) en la pectina de arazá fue de 0,74 meq/g presentando una tendencia similar a las investigaciones mencionadas anteriormente. Carbacas, Guerra y Henao (2015) mencionan que hay una relación entre la acidez libre y el pH de la extracción, de tal manera que se presenta mayor acidez libre cuando la extracción fue realizada a pH ácidos.

Metoxilo

En cuanto al contenido de metoxilo, Bereche (2018) en su estudio sobre extracción de pectina de mango obtuvo un contenido de 11,80 % clasificándola como pectina de alto metoxilo, ya que su valor supera el 7 %. Además, Barazarte, Sangronis y Una (2008) en su investigación basada en extraer pectina de cáscara de cacao para un posible uso comercial obtuvo como resultado un contenido de metoxilo que esta entre 3,6 y 4,9% lo que indica que es de baja metoxilación ya que estos valores están por debajo del 7%. De la misma manera, Ferreira y

Rodríguez (1995) en su artículo denominado obtención de pectina a partir de desechos industriales de mango obtuvieron un porcentaje de metoxilo de 5,88 %, en el mejor tratamiento, concluyendo que es una pectina de bajo metoxilo porque su valor fue inferior al 7%.

El valor obtenido para el contenido de metoxilo en el mejor tratamiento T1 (estado de madurez verde + pH 2) fue de 5,89%, considerándola de bajo metoxilo ya que se encuentra debajo del 7%. Chasquibol, Arroyo y Morales (2008) mencionan que las pectinas de bajo metoxilo logran formar geles con o sin azúcar, en la industria alimentaria este tipo de pectinas sirven para aplicarlas en alimentos dietéticos por su contenido bajo de azúcares.

Grado de esterificación

López (2013) afirma que cuando el grado de esterificación de una pectina es mayor al 50% es rica en grupos metoxilos, gelifica con azúcar a 60 y 65 °Brix, y a pH de 2 a 3,5, pero cuando se obtiene un valor menor al 50% se considera una pectina pobre en grupos metoxilos, pues para su gelificación se necesitan iones de calcio a pH de 2,5 a 6,5. En la investigación realizada por Chasquibol, Arroyo y Morales (2008) obtuvieron alto grado de esterificación para las pectinas de níspero 86,24 % y mesocarpio de granadilla 88,79%, comparado con el de una pectina comercial con un valor de 81,50% , concluyendo que estas pectinas son útiles para la aplicación en las industrias de alimentos y farmacéuticas. De igual manera Guerrero, Suárez y Orozco (2017) en su estudio sobre extracción de pectina a partir de cascarilla de cacao obtuvieron un grado de esterificación del 71,88 %.

El grado de esterificación en el mejor tratamiento T1 (estado de madurez verde + pH 2), fue de 71,96 % siendo un valor mayor al 50%, indicando que es apta para la elaboración de mermeladas ya que produce geles sólidos y rígidos.

Análisis microbiológico de pectina

Una vez identificado el mejor tratamiento T1 (estado de madurez verde + pH 2) se realizó el análisis microbiológico de *mohos* y *levaduras*, *Salmonella*, *Echerichia coli* como lo establece la ficha técnica CEAMPECTINF RS 4710 para pectinas comerciales, obteniendo un valor menor a 10 UFC/g para *mohos* y *levaduras*, y se reportó ausencia de *Salmonella*, *Echerichia coli*, siendo valores que están dentro de lo establecido por la ficha técnica para pectinas comerciales y de tal manera garantizar su posterior aplicación en las industrias alimentarias y farmacéuticas-.

4.2.2 Discusión de la Mermelada de tuna

Grados Brix

En la norma INEN 2825 (2013) se establece que el contenido de sólidos solubles para una mermelada debe ser igual o superior al 65%, de tal manera que los valores de la tabla 19 tienen la misma tendencia.

Resultados similares obtuvo Sotomayor (2020) en su investigación sobre mermelada de frutilla y mora donde manifiesta que el contenido de °Brix de 3 de sus 4 lotes de mermelada se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma, a diferencia de su cuarto lote que obtuvo 57% en grados brix por lo que el producto final resultó muy líquido y poco agradables a la vista del consumidor. De igual manera López (2015) en su artículo sobre elaboración de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tuna establece que las mermeladas de frutas deben tener una concentración no mayor a 68° Brix para evitar la cristalización de los azúcares durante su almacenamiento, además concluyó que los tratamientos de mermeladas de mayor aceptación por los catadores, son aquellas que poseen los valores mayores de grados Brix. Así mismo Espín (2016) en su investigación sobre la elaboración de mermelada de zanahoria y manzana obtuvo en sus tratamientos un rango de 65,50 – 69,50 ° Brix y concluyó que todos los tratamientos tienen estabilidad siempre y cuando se elaboren bajo tiempos y temperaturas adecuadas de cocción.

pH

La norma INEN 419 (1988) establece en cuanto a pH, que las mermeladas deben tener un mínimo de 2,8 y máximo 3,5. Los valores de todos los tratamientos de estudio cumplen con este requisito de la norma debido a que tienen un pH de 3,4 tal como se muestra en la Tabla 20. Los resultados concuerdan con López (2015) que en su artículo sobre formulación de mermelada de tuna menciona que las mermeladas son consideradas conservas de acidez alta, por lo cual, el valor del pH de 3,41 reportado en su estudio es aceptable. Así mismo Benítez y Pozuelo (2017) en su investigación sobre la elaboración de mermelada de mango y fresa con sustitución parcial de azúcar por stevia encontraron un rango de 3,3-3,5 de pH en todos los tratamientos de mermeladas concluyendo que los ingredientes utilizados en la elaboración de mermelada no tuvieron un efecto en el pH. Casquino, Irrazaba, y Zapana (2020) en su investigación sobre la aceptabilidad de mermelada de tuna con germinados de quinua obtuvieron como resultado un pH de 3,3 en el mejor tratamiento, el cual es un valor óptimo en la elaboración de mermeladas.

Cenizas

En la norma INEN 419 (1988) se puede observar que no se establecen los valores mínimos y máximos, pero se menciona que el valor del parámetro ceniza será incluido en una posterior

revisión y emisión de la norma como obligatoria. Los resultados obtenidos en la tabla 21 se encuentran en un rango de 0,32 a 0,36, los elementos minerales que se encuentran en mayor concentración son en los tratamientos con más cantidad de fruta. Resultados similares obtuvieron Benítez y Pozuelo (2017) en su investigación sobre formulación de mermelada de fresa y mango donde encontraron resultados de 0,23 a 0,29 y concluyeron que la cantidad de cenizas aumenta con el contenido de fruta.

Análisis sensorial

En cuanto a los análisis sensoriales se identificó que el tratamiento con mayor aceptación por los catadores fue el T6 (Pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción) en los atributos color (4,26), olor (4,66), sabor (4,43) y textura (4,66) calificados en la escala hedónica como “me gusta mucho”. Estos resultados son similares a los obtenidos por Casquino, Irrazaba y Zapana (2020) en su investigación sobre elaboración de mermelada de tuna con germinados de quinua donde el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el que contenía 50% de fruta y 0,5% de pectina. Por otra parte, López, Mercado y Martínez (2015) desarrollaron mermeladas a base de pulpa y cáscara de tuna obteniendo como resultado que el tratamiento de mayor aceptabilidad fue el que contenía 50% tuna, 12 % de cáscara y 0,5% pectina. Por lo tanto, se puede deducir que la mermelada de tuna de la presente investigación tiene mayor aceptación cuando se utiliza el 50% de pulpa de fruta y el 50% de azúcar debido a que presenta mejor color, sabor, olor y textura.

En la norma INEN 2825 se establece que el color y el sabor de la mermelada deben ser apropiados para el tipo o clase de fruta utilizada como ingrediente principal en la preparación de la mezcla y en la norma INEN 419 se menciona que el olor será el característico del producto, sin olores extraños. De acuerdo a los catadores el tratamiento T6 de la presente investigación cumple con los parámetros establecidos en las dos normas.

Análisis Microbiológico

Una vez identificado el mejor tratamiento (T6) se realizó su análisis microbiológico comparando con los requisitos establecidos en la Norma INEN 419 donde se establece como requisito máximo 30 UFC/g en el conteo de *mohos y levaduras*, encontrando que el análisis realizado se encuentra dentro del parámetro de la norma. Esto se relaciona con lo obtenido por López (2015) en su artículo sobre la elaboración de mermelada de tuna detectó que no existió crecimiento microbiano para *Mesófilos aerobios, mohos y levaduras*, de acuerdo a la norma oficial de México donde las especificaciones microbiológicas en UFC/g permitidas como máximo para mermeladas son las siguientes: mesofílicos aerobios 50, organismos coliformes 10, hongos y levaduras 20, esto demuestra que la elaboración de mermelada se realizó bajo

óptimas condiciones en todas sus operaciones. Así mismo Tonini (2015), en su investigación sobre elaboración artesanal de mermeladas de tuna obtuvo en el recuento de *mohos y levaduras* ausencia y en recuento de bacterias *Mesófilos aerobios* su resultado fue negativo. Por tal motivo, es importante realizar el análisis microbiológico a los productos alimenticios para identificar si son aptos para el consumo humano.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Es posible extraer pectina a partir del arazá, tal como se puede observar en los resultados obtenidos durante el desarrollo de investigación, donde se establece que es posible extraer pectina, aunque en cantidades más bajas. Al aplicar tiempos y temperaturas de extracción constantes y disminuir el pH se incrementa el rendimiento de pectina extraída, debido a que se aumenta la hidrólisis de los enlaces de protopectina, que pasa a ser pectina soluble. El mayor porcentaje de pectina obtenida fue a 90°C por 30 minutos con un pH de 2, esto confirma lo descrito anteriormente debido a que este pH fue el menor utilizado en los tratamientos. El mejor tratamiento a partir de la obtención de pectina de arazá (*Eugenia stipitata*), fue el T1, el cual corresponde a estado de madurez verde + pH 2 del cual se obtuvo una pectina con rendimiento de 2,7% y grado de metoxilo 5,89%; seguido por el tratamiento T2 (Estado de madurez verde + pH 4) que tuvo un rendimiento de 2,06% y el tratamiento que tuvo menor rendimiento fue el T9 (Estado de madurez maduro + pH 4) con 1,05%.
- Los resultados fisicoquímicos obtenidos de la pectina indican que es una pectina con condiciones óptimas de humedad y cenizas para poder ser utilizada en el procesamiento de los alimentos. En la mayoría de tratamientos se presentaron valores que están dentro de la ficha técnica para pectinas comerciales CEAMPECTIN RS 4710 (Ceamsa), a excepción de los tratamientos T7, T2 y T6 que excedieron el 2% valor máximo establecido. En cuanto a Humedad todos los tratamientos cumplen con lo establecido en la ficha técnica ya que el valor máximo fue de 10,10% para el tratamiento T6 y el máximo permitido es 12% por lo tanto se cumple con esta especificación siendo apta para conservar evitando la proliferación de microorganismos patógenos alterantes. El mejor tratamiento fue T1 (Estado de madurez verde + pH2) debido a que presentó el mejor rendimiento y mejor contenido de cenizas y humedad para lo cual se calculó la acidez libre obteniendo como resultado 0,74 mg/ meq, para peso equivalente 131,35 mg/meq este valor indica que la pectina es de buena calidad capaz de formar geles firmes. En cuanto al contenido de metoxilo fue 5,89% indicando que es una pectina de bajo metoxilo lo que significa que puede formar geles con o sin presencia de azúcares, para el grado de esterificación fue 71,96% este valor indica que la pectina es apta para la formación de geles sólidos y rígidos.

- Los resultados del recuento microbiológico de la pectina muestran que el producto es apto para poder ser usado en la elaboración de alimentos, debido a que cumplen con lo establecido en la ficha técnica CEAMPECTIN RS 4710 de una pectina comercial (Ceamsa).
- Se caracterizó el producto final de la mermelada mediante pruebas fisicoquímicos (pH, °Brix y cenizas) y se evaluaron las características sensoriales (sabor, olor, color, textura). Se obtuvieron resultados dentro de los rangos establecidos en las normas. También la utilización de la pectina extraída a partir de arazá fue de gran importancia para obtener una mermelada de tuna con consistencia adecuada y agradable para el consumidor.
- Por medio de la degustación sensorial se identificó el tratamiento con mejor aceptación para la elaboración de mermelada tuna fue el T6 el cual es: pectina 0,5% del peso total de la fruta + 50% de fruta + 85°C x 25 min tiempo y temperatura de cocción.
- En cuanto a los análisis microbiológicos, la mermelada de tuna es apta para el consumo humano, debido a que cumple con los requisitos mínimos y máximos para *mohos* y *levaduras* establecidos en la norma INEN 419, de tal manera se garantiza que el producto es inocuo y de calidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Seleccionar de manera exhaustiva los frutos de arazá, en cuanto a golpes, magulladuras, manchas o cualquier otro defecto presente, evita que se hidrolicen los componentes no deseados que pueden afectar la calidad de la pectina obtenida.
- Se recomienda realizar varios lavados a la pectina con etanol al 96% v/v para eliminar la mayor cantidad de clorofilas, residuos de ácido y partículas amargas.
- Con la finalidad de obtener un mejor rendimiento para la pectina se debe aplicar correctas agitaciones durante el proceso de concentración, para que el calor ingrese en toda la solución.
- Para obtener una pectina con mejor aspecto en la coloración es recomendable realizar lavados continuos disolviendo la pectina en agua acidulada a pH de 2 a 3, y precipitarla nuevamente.
- El oscurecimiento de la pectina extraída puede deberse a que se aplicó un secado al vacío envés de un secado por convección.

- En cuanto a la elaboración de la mermelada es recomendable mezclar la pectina con el azúcar antes de colocarla, debido a que se obtiene un buen punto de gelificación y una buena consistencia.
- Para el envasado de la mermelada utilizar frascos de vidrio para de esta forma asegurar su hermeticidad.
- Aplicar Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para obtener un producto inocuo que no cause daño a los consumidores.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, C., Carrillo, I., Chamorro, S., y Palacios, T. (2019). Diseño de una planta piloto de extracción de pectina como gelificante a partir de residuos de la naranja (*Citrus Sinensis*). *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 1(2), 23-29.
- Arce, G y Quispe, Z. (2016). *DETERMINACIÓN DEL pH DE ALIMENTOS DE LA REGIÓN CUSCO Y LA VARIACIÓN SOBRE EL pH SALIVAL DESPUÉS DE SU CONSUMO EN ESTUDIANTES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO* a (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cuzco, Perú.
- Arreaga, L. (2017). *La producción y exportación de las principales frutas no tradicionales y su importancia en las exportaciones totales del Ecuador, periodo 2012-2016* (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Auz, Y. (2018). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA INDUSTRIALIZADORA DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL ARAZÁ EN LA PARROQUIA EL CHICAL Y SU COMERCIALIZACIÓN EN LA CIUDAD DE TULCÁN* (tesis de pregrado). Universidad Autónoma Regional de los Andes, Tulcán, Ecuador.
- Aza, M y Méndez, M. (2011). *EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL (Opuntia Ficus Indica) POR MEDIO ÁCIDO APLICANDO DOS NIVELES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ESTADOS DE MADUREZ* (tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Badui, S. (2012). *Química de los Alimentos*. México: PEARSON .
- Barazarte, H; Sangronis, E y Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 64-70.
- Barrera, J ; Corona, E ; Meza, T; Trápala, A y Chávez, A. (2017). Evaluación y caracterización de la pectina obtenida de cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus L.* Moraceae). *Journal CIM Vol*, 5(2).
- Barreto, G; Púa, A; De Alba, D y Pión, M. (2017). *Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (Mangifera indica L.)*.
- BCE. (2013). *Banco Central del Ecuador* . Recuperado de <http://www.bce.fin.ec/>
- BCE. (2015). *Banco Central del Ecuador*. Recuperado de <http://www.bce.fin.ec/>

- Benítez, J y Pozuelo, K. (2017). *Desarrollo de mermeladas de fresa (Fragaria ananassa y de mango (Mangifera indica) con sustitución parcial de azúcar por Stevia (tesis de pregrado)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Bereche, J. (2018). *Extracción de pectina de cáscara de mango (Mangifera indica L.) de variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada (tesis de pregrado)*. Universidad Católica Sedes Sapientiae, Chulucanas, Piura.
- Cabarcas, E., Guerra, A., y Henao, C. (2015). *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano (tesis de pregrado)*. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Cajo, E. (2020). *Desarrollo y caracterización de un Bioplastico a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis) (tesis de pregrado)*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú.
- Casquino, K y Irrazabal, C. (2020). *Aceptabilidad de mermelada de tuna con germinados de quinua (tesis de pregrado)*. Universidad Peruana Unión, Juliaca, Perú.
- Castillo, J. (2018). *Evaluación de pectinas cítricas de toronja (Citrus paradisi var. Star Ruby) y mandarina (Citrus reticulata blanco var. Tangerina) como agentes encapsulantes de extractos acuosos de Stevia rebaudiana Bertoni*. Tesis de maestría, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Jalisco, México.
- Cavero, M. (2020). *Acidez libre*. Recuperado de <https://gidahatari.com/wh-es/acidez-libre#:~:text=Cantidad%20de%20%C3%A1cidos%20fuertes%20en,rojo%20de%20m etilo%20como%20indicador>.
- Chacín, J., y Marín, M. (2010). Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. *Multiciencias*, 10(1), 7-12.
- Chadan, E. (2016). *COLORANDES UTC (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador.
- Chala, A. (2016). *TUNA*. Recuperado de <https://es.calameo.com/read/00505393650febe3171da>
- Chaparro, S; Márquez, R; Sánchez, J; Vargas, M y Gil, J. (2015). Extracción de pectina del fruto del higo (Opuntia ficus indica) y su aplicación en un dulce de piña. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 18(2), 435-443.
- Charchalac, L. (2008). *Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (Passiflora edulis var. flavicarpa) (tesis de pregrado)*. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

- Chasquibol, N; Arroyo, E y Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*, (026), 175-199
- CODEX . (2015). *PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS COMITÉ DEL CODEX SOBRE MÉTODOS DE ANÁLISIS Y TOMA DE MUESTRAS*. Recuperado de FAO.
- comercio, E. (Octubre de 2011). *La tuna cuatro variedades se producen en el país*. Recuperado de el Comercio <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/tuna-cuatro-variedades-se-producen.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Danny%20Romo%2C%20t%C3%A9cnico%20de,%2C%20Tungurahua%20y%20Santa%20Elena%E2%80%9D.ytext=La%20tuna%20es%20una%20planta%20originaria%20de%20Am%C3%A9rica>.
- CONCOPE. (2009). *Tipos de cultivos-Frutas amazónicas- Arazá* . Recuperado de http://www.concope.gov.ec/Ecuaterritorial/paginas/Apoyo_Agro/Tecnologia_i
- Cuéllar, E y Arenas, C. (2013). CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DEL FRUTO DE ARAZÁ (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh). *Ingenierías & Amazonia*, 6(2).
- Cuesta, A y Danigno, D. (06 de marzo del 2017). *Mermeledas de tuna en el Chaco (tesis de pregrado)*. Recuperado de http://argentinainvestiga.edu.ar/noticia.php?titulo=mermeladas_de_tuna_en_el_chaco&id=2842.
- Devia, P. (2003). Proceso para producir pectina pectinas cítricas. *Revista universidad EAFIT*, 39(129), 21-29.
- Díaz, G. (2019). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DE PECTINA DE TUNA (Opuntia ficus indica) (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.
- Enríquez, S. (2015). *PROYECTO PARA LA EXPORTACIÓN DE PULPA DE ARAZÁ HACIA EL MERCADO NORTEAMERICANO (tesis de pregrado)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Espin, M. (2012). *Uso de la zanahoria amarilla (Daucus carota) mediante una mezcla con manzana a diferentes concentraciones de pectina para elaborar una mermelada (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Espino, E; Rafael, H y Tingal, I. (2012). *MORFOFISIOLOGIA DE TUNA (Opuntia ficus-indica Mill.) (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.

- FAO. (1999). *Arazá Cultivo y utilización* . Recuperado de <http://www.otca-oficial.info/assets/documents/20161219/1ac7c6e1ac4657fcc3da54bb9ac59180.pdf>
- FAO. (2009). *Pectins*. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/agn/jecfa-additives/specs/monograph7/additive-306-m7.pdf>
- Ferreira, S. (2007). *PECTINAS: AISLAMIENTO, CARACTERIZACIÓN Y PRODUCCIÓN A PARTIR DE FRUTAS TROPICALES Y DE LOS RESIDUOS DE SU PROCESAMIENTO INDUSTRIAL*. Bogotá Colombia : Proceditor Ltda.
- Ferreira,S; y Rodríguez, G . (1995). Obtención y caracterización de pectina a partir de desechos Industriales del mango (cáscara). *Revista colombiana de ciencias químico-farmacéuticas*, 24(1), 29-34.
- Flores, R; Mariños, D; Rodríguez, N y Rodríguez, D. (2013). Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Agroindustrial Science*, 3(2), 77-89.
- Franco, Z., y Vanesa, Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76.
- Freire, A. (2012). *Proyecto de Prefactibilidad para la Exportación de Mermelada de Piña al mercado de Quebec-Canadá (tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Galeas, L. (2015). *Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad tahití (Citrus latifolia tan) (tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador,
- García, C y Penagos, C . (2011). *EL ENTORNO COMERCIAL DE LA PECTINA EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ANTIOQUEÑA (tesis de pregrado)*. Escuela de Ingeniería de Antioquia, Antioquia, Colombia.
- González, G., y Icaza, A. (2007). *Cultivo e industrialización de la tuna (tesis de pregrado)*. Escuela Superir Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Guerrero, G; Suárez, D y Orozco, D. (2017). *Implementación de un método de extracción de pectina obtenida del subproducto agroindustrial cascarilla de cacao*.
- Guerrero, J ; Cruz, B y Arboleda, A. (1971). Obtención de pectinas de naranja. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 3(2), 41-48.
- Guevara, A. (2015). *ELABORACIÓN DE PULPAS, ZUMOS, NÉCTARES, DESHIDRATADOS, OSMODESHIDRATADOS Y FRUTA, CONFITADA*.

- Gunners, D. (2019). *MANUAL TECNICO DE TUNA*. Recuperado de https://www.academia.edu/16438734/MANUAL_TECNICO_DE_TUNA
- Hart, F. y H. Fisher. (1984). *Análisis moderno de los alimentos*. Zaragoza, España : Editorial Acribia.
- Higuera, M. (2017). *APROVECHAMIENTO DE LA CASCARA DE GULUPA COMO FUENTE DE PECTINA PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA (tesis de pregrado)*. Universidad la Salle, Bogotá, Colombia.
- INEC. (2002). *Censo Nacional Agropecuario 3: Resultados nacionales y provinciales* .
- INEN .(2013). *CONSERVAS VEGETALES. DETERMINACIÓN DE CENIZAS*. Quito, Ecuador.
- INEN. (1988). *NORMA PARA LAS CONFITURAS, JALEAS Y MERMELADAS*. Quito, Ecuador.
- INEN. (2013). *NORMA PARA LAS CONFITURAS, JALEAS Y MERMELADAS*. Quito, Ecuador.
- INEN (2015). *MEZCLA EN POLVO PARA PREPARAR POSTRE DE GELATINA*. Quito, Ecuador
- INIAP. (2015). *Estudio de las condiciones optimas para la obtención de jugo clarificado de araza (Eugenia stipitata) mediante proceso enzimático y membranario*. Recuperado de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/978>
- Lara, K. (2019). *PLAN DE NEGOCIOS PARA LA ELABORACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE MERMELADA DE PITAHAYA, EN EL CANTÓN PALORA, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO (tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica Indoamericana, Ambato, Ecuador.
- León, D y Riveros, J. (2014). *Extracción y caracterización química de las pectinas de las cáscaras del maracuyá amarillo (Passiflora edulis Var Flavicarpa degener) granadilla (Passiflora ligularis Juss) y tumbo serrano (Passiflora mollissima HBK Bailey)(tesis de pregrado)*.Universidad Nacional de Callao, Callao,Perú.
- Levy, M. (2014). *Determinación del potencial de sostenibilidad social, económico y ambiental de las Unidades Productivas Agropecuarias, en la Parroquia de El Chical; Cantón Tulcán; Provincia del Carchi (tesis de pregrado)*.Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Lima, J. (2011). *Uso del Arazá como nueva tendencia en la Gastronomía Ecuatoriana (tesis de pregrado)*. Universidad Iberoamericana, Quito, Ecuador.

- López, M. (2013). *Extracción de pectina de cocona (solanum sessiliflorum dunal) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional del Centro de Perú, Huancayo, Perú.
- López, M. (2015). Formulación de una mermelada a partir de pulpa y cáscara de tunas (*Opuntia* spp.) elaborada a nivel planta piloto. *Acta Universitaria*, 21(2), 31-36.
- López, M., Mercado, J., y Martínez, G. (2010). *Estudios preliminares para la optimización de mermelada a base de pulpa y cáscara de tunas variedades Reina y Xoconostle*.
- MAG. (2017). *La producción de tuna, una actividad rentable*. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/la-produccion-de-tuna-una-actividad-rentable/>
- MAG. (2018). *La producción de tuna, una actividad rentable*. Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/la-produccion-de-tuna-una-actividad-rentable/>
- Maldonado, Y y Salazar , S. (2010). *Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (vasconcellea weberbaueri (harms) vm Badillo) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas, Perú.
- Mejia, J; Jiménez, E; Gaspar, T; Islas, Ay Chávez, A. (2017). Evaluación y caracterización de la pectina obtenida de cáscara de jaca (*Artocarpus heterophyllus* L. Moraceae). *Journal CIM Vol*, 5(2).
- Mena, N. (2010). *Determinación de índices de madurez para la cosecha y conservación al ambiente, del arazá (Eugenia Stipitata) y borojó (Borojoa patinol) (tesis de pregrado)*. Universidad Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Mendoza, J. (2006). Elaboración de mermeladas. *Mailxmail–Cursos para compartir lo que sabes.t*
- Mendoza, L., Jiménez, J., y Ramírez, M. (2017). *EVALUACIÓN DE LA PECTINA EXTRAÍDA FRUTO DE CACAO (Theobroma cacao L.)*.
- Molina, D. (2016). *Extracción de pectina de frutos amazónicos mediante un proceso asistido por microondas*. Tesis de maestría en Ciencia y Tecnología de alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Montenegro, E. (2015). *Obtención de pectina de Nopal (Opuntia spp), a diferentes tiempos y temperaturas, utilizando ácido sulfúrico (tesis de pregrado)*. Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador.

- Montes, G. (2015). *ANÁLISIS ECONÓMICO - FINANCIERO DE LAS EXPORTACIONES DE PULPA DE ARAZÁ*. Tesis de maestría. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Montilla, A., Tovar, I., y Pacheco, H. (2019). Cuantificación de pectinas en la pulpa del fruto de tres especies de tuna (Opuntioideae, Cactaceae). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, (23), 25-32.
- Moreno, M ; García, D; Camacho, B; Martínez, C y Ojeda, N . (2008). Análisis bromatológico de la tuna *Opuntia elatior* Miller (Cactaceae). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(1), 68-80.
- 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) (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
- Muñoz, A. (2016). *Caracterización de pectinas industriales de cítricos y su aplicación como recubrimientos de fresas (tesis de pregrado)*. Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Novillo, M. (2015). *PLAN DE EXPORTACIÓN DE PULPA DE TUNA POR LA EMPRESA PROCESADORA AGROINDUSTRIAL "MIS FRUTALES" DE LA PARROQUIA SAN LUIS PROVINCIA DE CHIMBORAZO HACIA LA CIUDAD DE HAMBURGO-ALEMANIA DURANTE EL PERIODO 2014-2016 (tesis de pregrado)*. Escuela Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- Novoa, D., y Ramírez, J. (2012). CARACTERIZACIÓN COLORIMÉTRICA DEL MANJAR BLANCO DEL VALLE. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 10(2), 54-60.
- Owens, McCreedy, Shepherd, y Shults. (1952). *Methods used at Western Regional Research Laboratory for extraction and analysis of pectic materials*.
- Pazmiño, M ; Loayza, A y Duque, A . (2014). FRUTA AMAZÓNICA ARAZÁ. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, (2014_09)
- Pérez, E. (2016). *ELABORACIÓN DE PRODUCTOS A BASE DE TUNA (OPUNTIA FICUSINDICA) COMO APORTE COMERCIAL Y NUTRICIONAL A LA COMUNIDAD DE LA PARROQUIA ELOY ALFARO DEL CANTÓN LATACUNGA (tesis de pregrado)*. Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ambato, Ecuador.

- Pillajo, A. (2021). *Elaboración y caracterización fisicoquímica de películas formuladas a partir de alginato-gelatina y alginato-pectina* (tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador.
- Proctor, A y Peng, L. (1989). Pectin transitions during Blueberry fruit. *Journal of Food Science*, 54(2), 385-387.
- Rentería, L. (2013). *Procesamiento de frutas de maracuyá (Passiflora edulis) para obtención de pectina* (tesis de pregrado). Universidad de Machala, Machala, Ecuador.
- Risueño, G. (2006). *Conservación de la Tuna "Blanca de Hidalgo" con el empleo del ácido giberelico, recubrimiento de parafina y temperatura de refrigeración* (tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Rivadeneira, M., y Cáceres, P. (2016). *Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de maracuyá (Passiflora edulis) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Robles, A. (2009). *Cultivo de tuna*. Recuperado de <http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>
- Rojas, J.; Perea, A.; Stashenko, E. (2008). Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. *Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Vitae (Medellín)*, 110-115.
- Rojas, V. (2018). *Métodos de conservación y aplicación técnica gastronómica del arazá* (tesis de pregrado). Universidad de las Americas, Quito, Ecuador.
- Sáenz, C., y Berger, H. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal (Vol. 162)*. *Food & Agriculture*
- Sánchez, D; Aguilar, C; Contreras, J y Nevárez, G. (2011). Moléculas pécticas: extracción y su potencial aplicación como empaque. *Tecnociencia Chihuahua*, 5(2), 76-82
- Serrat, M; De la Fé, I ; De la Fé, J y Montero, C . (2018). Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química*, 30(3), 522-538.
- Silva, T. (2017). *¿Qué es la pectina?* Recuperado de <https://www.silvateam.com/es/productos-y-servicios/aditivos-alimentarios/pectina/qu-es-la-pectina.html>
- Sommano, SR, Ounamornmas, P., Nisoa, M., Sriwattana, S., Page, P. y Colelli, G. (2018). Caracterización y propiedades fisicoquímicas de la pectina de cáscara de mango extraída mediante extracciones convencionales y de control de fase asistidas por microondas. *Revista Internacional de Investigación Alimentaria* , 25 (6), 2657-2665.

- Sotomayor, A. (2020). *Evaluación de los sólidos solubles de 4 lotes de mermelada de frutilla y mora según la normativa nte Inen 2825 (tesis de pregrado)*. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.
- Suárez, M y Marín, R. (2019). *Rendimiento de la pectina de cáscara de cacao (Teobroma cacao L.) como estabilizante en mermelada de naranja*. *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*, 18.
- Ticona, J. (2019). *Caracterización físico química, cinética de gelificación y evaluación espectroscópica de la pectina del mesocarpio del fruto corryocactus brevistylus (sancayo)*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Tonini, L. (2015). *Elaboración artesanal de mermeladas de tres ecotipos de tuna (Opuntia ficus indica f. inermis) roja, anaranjada y verde (tesis de pregrado)*. Universidad Nacional de Cuyo, Cuyo, Argentina.
- Ulloa, M. (2017). El uso de los colorantes comestibles naturales y sintéticos desde el aspecto funcional en la pastelería. Recuperado de <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/7529/1/TUAEXCOMESC001-2018.pdf>
- Valdiviezo, E. (2018). *Extracción de pectina a partir de la cáscara de la Naranja*.
- Valenzuela, E. (2015). *Estudio de investigación de la tuna en la Comunidad Valle del Chota, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura y propuesta gastronómica (tesis de pregrado)*. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.
- Vásquez, L. (2017). *Evaluación de la obtención de melaza por medio de hidrólisis ácida de cáscaras de plátano dominico-Hartón (Musa AAB Simmonds) a nivel laboratorio (tesis de pregrado)*. Universidad de América, Bogotá, Colombia.
- Zambrano, C. (2014). *Elaboración de pulpa a base de arazá (Eugenia Stipitata) (tesis de pregrado)*. Universidad Laica de Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador.
- Zegada, V. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta del perfil de investigación



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

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: CARGUA PEÑAFIEL VICTORIA LISETTE

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0401925797

NIVEL/PARALELO: 0

PERIODO ACADÉMICO: Nov. 2020-Mar. 2021

TEMA DE INVESTIGACIÓN: OBTENCIÓN DE PECTINA DE ARAZÁ (EUGENIA STIPITATA) PARA LA APLICACIÓN COMO ESPESANTE EN UNA MERMELADA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA)

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. RIVAS ROSETO CARLOS ALBERTO
LECTOR: MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
ASESOR: PHD DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: Virtual **AULA:** 0

FECHA: lunes, 17 de mayo de 2021

HORA: 15H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,30

2) Trabajo escrito 2,80

Nota final de PRE DEFENSA 9,10

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 17 de mayo de 2021**



Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALBERTO
RIVAS ROSETO**

MSC. RIVAS ROSETO CARLOS ALBERTO

PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
**FRANCISCO JAVIER
DOMÍNGUEZ
RODRÍGUEZ**

PHD DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
**FREDDY GIOVANNY TORRES
MAYANQUER - 1002329983**

MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY

LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones



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

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

NOMBRE: CASTRO NAZATE KARLA ARACELY
NIVEL/PARALELO: 0

CÉDULA DE IDENTIDAD: 0402004576
PERIODO ACADÉMICO: Nov. 2020-Mar. 2021

TEMA DE INVESTIGACIÓN: OBTENCIÓN DE PECTINA DE ARAZÁ (EUGENIA STIPITATA) PARA LA APLICACIÓN COMO ESPESANTE EN UNA MERMELADA DE TUNA (OPUNTIA FICUS-INDICA)

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. RIVAS ROSERO CARLOS ALBERTO
LECTOR: MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY
ASESOR: PHD DOMÍNGUEZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS: Virtual **AULA:** 0
FECHA: lunes, 17 de mayo de 2021
HORA: 15H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 6,30
2) Trabajo escrito 2,80
Nota final de PRE DEFENSA 9,10

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el **lunes, 17 de mayo de 2021**



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALBERTO RIVAS ROSERO

MSC. RIVAS ROSERO CARLOS ALBERTO

PRESIDENTE



Firmado electrónicamente por:
FRANCISCO JAVIER DOMINGUEZ RODRIGUEZ

PHD DOMINGUEZ RODRÍGUEZ FRANCISCO JAVIER

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER - 1002329983

MSC. TORRES MAYANQUER FREDDY GIOVANNY

LECTOR

Adj.: Observaciones y recomendaciones



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

**ABSTRACT- EVALUATION
SHEET**

NAME: Karla Aracely Castro Nazate y Victoria Lissette Cargua Peñafiel
DATE: 26 de mayo de 2021

TOPIC: ““Obtención de pectina de arazá (Eugenia stipitata) para la aplicación como espesante en una mermelada de tuna (Opuntia ficus-indica)

MARKS AWARDED **Q U A N T I T A T I V E** **A N D** **Q U A L I T A T I V E**

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	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs. <input checked="" type="checkbox"/>	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs. <input type="checkbox"/>	Some progression of ideas and supporting paragraphs. <input type="checkbox"/>	Inadequate ideas and supporting paragraphs. <input type="checkbox"/>
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text <input checked="" type="checkbox"/>	The message has been communicated appropriately and identify the type of text <input type="checkbox"/>	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing <input type="checkbox"/>	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate <input type="checkbox"/>
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events <input checked="" type="checkbox"/>	Good flow of ideas and events <input type="checkbox"/>	Average flow of ideas and events <input type="checkbox"/>	Poor flow of ideas and events <input type="checkbox"/>
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement <input type="checkbox"/>	Minor errors when supporting the thesis statement <input checked="" type="checkbox"/>	Some errors when supporting the thesis statement <input type="checkbox"/>	Lots of errors when supporting the thesis statement <input type="checkbox"/>
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
TOTAL/AVERAGE	<p align="center">TOTAL 9</p> <p>9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED</p>			



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Karla Aracely Castro Nazate y Victoria Lissette Cargua Peñafiel

Fecha de recepción del abstract: 26 de mayo de 2021

Fecha de entrega del informe: 26 de mayo de 2021

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Firmado electrónicamente por:

**EDISON BOANERGES PENAFIEL
ARCOS**

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN

Anexo 3. Proceso de obtención de pectina



Figura 7. Arazá en 3 estados de madurez



Figura 8. Lavado de la fruta



Figura 9. Inactivación de enzimas



Figura 10. Filtrado



Figura 11. Triturado del arazá



Figura 12. Concentración



Figura 13. Reposo del arazá con etanol



Figura 14. Secado



Figura 15. Molienda de la pectina



Figura 16. Molienda de la pectina

Anexo 4. Proceso de elaboración de mermelada de tuna



Figura 17. Tuna madura



Figura 18. Lavado de tuna



Figura 19. Pelado de la tuna



Figura 20. Concentración de la pulpa de tuna con azúcar



Figura 21. Mermelada de tuna obtenida

Anexo 5: Catación de la mermelada



Figura 22. Catación de la mermelada



Figura 23. Catación

Anexo 6. Determinación del grado de metoxilo



Figura 24. Materiales para determinar el grado de metoxilo



Figura 25. Preparación del ácido clorhídrico



Figura 26. Adición de fenolftaleína



Figura 27. Titulación



Figura 28. Solución obtenida

Anexo 7: Proceso de determinación de cenizas



Figura 29. Preparación de la muestra para análisis de cenizas



Figura 30. Secado de cenizas



Figura 31. secado-cenizas



Figura 32. Cenizas en el desecador



Figura 33. Cenizas de la mermelada

Anexo 6. Análisis microbiológicos



Figura 34. Mohos y levaduras



Figura 35. Salmonella



Figura 36. Aerobios mesófilos



Figura 37. Escherichia coli

Anexo 7: Ficha técnica CEAMPECTIN de pectina comercial (Ceamsa)



CEAMSA
Hidrocoloides desde 1957

CEAMPECTIN RS 4710

Ceampectin tipo RS-4710 es una pectina de alta esterificación, extraída de piel de cítricos seleccionada de alta calidad y estandarizada con dextrosa.

DESCRIPCIÓN
Polvo color beige claro, libre de olor y sabor.

APLICACIÓN
Especialmente seleccionada para mermeladas con alta concentración de sólidos solubles, (> 65% SS) y jaleas (75-85% SS). Esta pectina dará una elevada fuerza de gel, excelente liberación del sabor y una rápida gelificación.

DOSEIFICACIONES TÍPICAS
Mermeladas: 0,3 – 0,6 %.
Jaleas: 1,4 – 1,6 %.

El nivel de uso óptimo depende de la aplicación específica, pH, contenido en sólidos solubles y el contenido en calcio del sistema.

ESPECIFICACIONES FÍSICO QUÍMICAS
Grado de esterificación : 70 – 75 %.
Fuerza de gel (US SAG): 150 ± 10.

OTRAS CARACTERÍSTICAS
PH : 2,8 – 3,4 (solución 1,0%).
Humedad : máximo 12 %.
Tamaño de partícula : 90 % por debajo de 250 micras (80 US mesh, DIN 24) (MA-72).
Total plate count : Max. 5000 ufc/g.
Hongos y levaduras : Max. 300 ufc/g.
Bacterias patógenas : Negativo por test.
(E.Coli, Salmonella spp.)

Este producto de CEAMSA cumple los estándares internacionales de identidad y pureza publicados para uso alimentario emitidos por:

- Unión Europea.
- Food Chemical Codex.
- JECFA.

CEAMSA (Compañía Española de Algas Marinas S.A.)
Polígono de As Gandaras, s/n ; 38415 Pomfio; SPAIN
tel. +34 956 344089 fax: +34 956 336621;
<http://www.ceamsa.com> e-mail: ceamsa@ceamsa.com

Esta información es suministrada solo como orientación, sin compromiso, y el/la usuario debe llevar a cabo sus propios ensayos de aplicación. La responsabilidad del usuario cumplir la legislación en vigor en su país. Dado que no nos es posible anticipar bajo que condiciones son utilizados nuestros productos, no podemos asumir ninguna responsabilidad por los perjuicios que pudieran derivarse del uso de los mismos. Las declaraciones concernientes al posible uso de nuestros productos en ningún caso se pueden entender como recomendaciones para usar nuestros productos infringiendo ninguna patente.

Hoja de características CEAMPECTIN RS 4710 s00

Anexo 8: Norma INEN 0419: conservas vegetales mermelada de frutas requisitos

CDU: 664.8:664.152	INEN	AL 02.03-420
Norma Técnica Ecuatoriana Obligatoria	CONSERVAS VEGETALES MERMELADA DE FRUTAS REQUISITOS	NTE INEN 419 Primera revisión 1988-05
Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno Es-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohíbe la reproducción	<p>1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las mermeladas de frutas.</p> <p>2. TERMINOLOGIA</p> <p>2.1 Mermelada de frutas. Es el producto obtenido por la cocción del ingrediente de fruta, como se define en el numeral 2.2, mezclado con azúcares, otros ingredientes permitidos y concentrado hasta obtener la consistencia adecuada.</p> <p>2.2 Ingrediente de fruta. Es el producto preparado a partir de:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Fruta: fresca, fruta entera, trozos de fruta, pulpa o puré de fruta, congelada, concentrada y/o estirada o conservada por algún otro método permitido. b) Fruta sana, comestible, de madurez adecuada y limpia, no privada de ninguno de sus componentes principales, con excepción de que esté cortada, clasificada o tratada por algún otro método para eliminar defectos tales como magullamientos, pedregallos, partes superiores, restos, coqueos, hueso (pepitás) y que puede estar pelada o sin pelar. c) Que contiene todos los sólidos solubles naturales (extractivos), excepto los que se omiten durante la preparación de acuerdo con las prácticas correctas de fabricación. <p>2.3 Consistencia adecuada. Es la que debe presentar la mermelada cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) La textura sea firme, untosa, al llegar a ser dura; b) en caso de usar trozos de fruta, éstos deben estar uniformemente dispuestos en toda su masa. <p>2.4 Otras materias vegetales extrañas. Porciones o partículas extrañas de materias vegetales extrañas inofensivas y que midan como máximo 5 mm en cualquier dimensión.</p> <p>2.5 Fruta dañada o manchada. Es la fruta o pedazos de la misma, cuya apariencia o calidad comestible están deterioradas por magulladuras, partículas oscuras, daños causados por insectos, hongos, bacterias, y áreas endurecidas.</p> <p>2.6 Cáscara y ojos. Cualquier trozo de epidermis incluyendo los "ojos" o partes de los mismos, que se eliminan normalmente cuando se prepara la fruta para la elaboración de la mermelada.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p>	
	-1-	1987-126

TABLA 1. Requisitos de la mermelada de frutas

CARACTERISTICAS	UNIDAD	MIN.	MAX.	METODO DE ENSAY.
sólidos solubles (a 20°C)	°/o m/m	65	—	INEN 380
pH		2,8	3,5	INEN 389
Acido ascórbico	mg/kg	—	500	INEN 384
Dióxido de azufre	mg/kg	—	100	*
Benzoato sódico, sorbato potásico, solo o combinados	mg/kg	—	1 000	*
Mohos	°/o campos positivos	—	30	INEN 386
Cenizas: saco	°/o m/m	**	**	INEN 401
Cenizas	°/o m/m		**	INEN 401

Anexo 9: Hoja de evaluación sensorial



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

CARRERA DE ALIMENTOS

Test de evaluación sensorial para trabajo de titulación denominado: Obtención de pectina de arazá (*Eugenia stipitata*) para la aplicación como gelificante en una mermelada de tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Prueba de aceptabilidad

Género.....

Edad.....

INSTRUCCIONES

A continuación, se presentan ocho muestras de mermelada de tuna aplicada pectina de arazá como espesante. Califique los atributos (color, olor, sabor y textura) de cada muestra codificada de acuerdo a su agrado. Por favor después de degustar cada tratamiento tomar agua para limpiar su paladar.

Coloque la valoración que más le parezca sabiendo que:

Puntaje	Categoría
1	me disgusta mucho
2	me disgusta
3	no me gusta ni me disgusta
4	me gusta
5	me gusta mucho

CÓDIGO	Calificación para cada atributo			
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
345				
678				
534				
870				
912				
315				
423				
745				

De acuerdo a la evaluación realizada escriba el código de la muestra que más le agrado.....

.....

¡Gracias por su colaboración ¡

Anexo 10. Análisis de varianza de datos fisicoquímicos de pectina

Tabla 29. Análisis de varianza del rendimiento de la pectina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TRATAMIENTO	8	5,9409	0,74261	14,73	0,000
Error	18	0,9076	0,05042		
Total	26	6,8485			

Tabla 30. Análisis de varianza del parámetro ceniza de pectina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	8	21,1939	2,64924	6944,60	0,000
Error	18	0,0069	0,00038		
Total	26	21,2008			

Tabla 31. Análisis de varianza del parámetro humedad de pectina

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	8	85,2267	10,6533	2397,00	0,000
Error	18	0,0800	0,0044		
Total	26	85,3067			

Anexo 11: Análisis de varianza de parámetros fisicoquímicos de la mermelada de tuna

Tabla 32. Análisis de varianza del parámetro pH de la mermelada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	0,001829	0,000261	3,30	0,023
Error	16	0,001267	0,000079		
Total	23	0,003096			

Tabla 33. Análisis de varianza del parámetro °Brix de la mermelada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	18,958	2,7083	21,67	0,000
Error	16	2,000	0,1250		
Total	23	20,958			

Tabla 34. Análisis de varianza del parámetro ceniza de la mermelada

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	0,005250	0,000750	10,00	0,000
Error	16	0,001200	0,000075		
Total	23	0,006450			

Anexo 12: Análisis de varianza de parámetros sensoriales de la mermelada de tuna

Tabla 35. Análisis de varianza del parámetro color

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	97,38	13,911	13,82	0,000
Error	392	394,50	1,006		
Total	399	491,88			

Tabla 36. Análisis de varianza del parámetro olor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	177,7	25,383	22,66	0,000
Error	392	439,2	1,120		
Total	399	616,8			

Tabla 37. Análisis de varianza del parámetro sabor

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	131,1	18,730	15,61	0,000
Error	392	470,5	1,200		
Total	399	601,6			

Tabla 38. Análisis de varianza del parámetro textura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	7	208,8	29,822	25,20	0,000
Error	392	463,9	1,184		
Total	399	672,7			