



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/)

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



**Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao
(*Theobroma cacao L.*) variedad CCN - 51 procedente del distrito de
Pajarillo - provincia de Mariscal Cáceres**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Bach. Kally Mariza Calderon Upiachihua

ASESOR:

Ing. Dr. Jaime Guillermo Guerrero Marina

Tarapoto – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



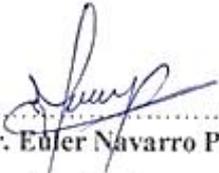
Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao
(*Theobroma cacao L.*) variedad CCN - 51 procedente del distrito de
Pajarillo - provincia de Mariscal Cáceres

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial

AUTOR:

Bach. Kally Mariza Calderon Upiachihua

Sustentada y aprobada el día 17 de noviembre del 2017, ante los siguientes jurados:


.....
Ing. Dr. Euler Navarro Pinedo
Presidente


.....
Ing. M. Sc. Karen Gabriela Documet Petrlik
Secretaria


.....
Ing. Cicerón Tuanáma Reátegui
Miembro


.....
Ing. M. Sc. Jaime Guillermo Guerrero Marina
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Kally Mariza Calderon Upiachihua, identificada con DNI N° 48739276, bachiller de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN - 51 procedente del distrito de Pajarillo - provincia de Mariscal Cáceres**
Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
23. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndonos la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.

Tarapoto, 17 de noviembre del 2017.



.....
Bach. Kally Mariza Calderon Upiachihua
DNI N°48739276

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Caldron Upiachihua Kally Mariza	
Código de alumno :	102504	Teléfono: 927972180
Correo electrónico :	marizacaldron@gmail.com	DNI: 48739276

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Obtención y Caracterización de pectino a partir de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.) Variedad CCN-51 procedente del distrito de Pajayillo - provincia de Mansera Cuzco
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, una licencia No Exclusiva, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

--

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".


.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

14 / 12 / 2018



Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A mis padres:

Sr. Jauriman Calderon Pérez.

Sra. Chochita Upiachihua Isuiza.

Por todos los sacrificios hechos durante mi vida de estudiante, por su cariño, amor, comprensión, consejos, por depositar la confianza en mí y darme la mejor herencia que se puede dar a una hija, pues este logro es de ustedes.

Kally Mariza

Agradecimiento

A Dios en primer lugar, por su misericordia, amor y apoyo incondicional.

A mis padres que los amo mucho por apoyarme de manera incondicional en toda esta etapa de mi vida.

Al Ing. M. Sc. Jaime Guillermo Guerrero Marina, por la oportunidad que me brindo de trabajar en este tema de investigación, asesor de la presente tesis, que sin su disponibilidad y valiosa paciencia no hubiera sido posible la ejecución del presente trabajo de investigación.

A la señora Dolly Flores Dávila, al señor Guido Saavedra Vela y al señor Walter Lozano García, encargados de los respectivos laboratorios de la facultad de Ingeniería Agroindustrial por brindarme todas las facilidades para obtener materiales que fueron necesarios en los análisis respectivos de mi trabajo de investigación.

Al señor Porfirio Guerrero Soto, responsable de la biblioteca especializada de Ingeniería Agroindustrial.

A los miembros de jurado por su paciente dedicación, orientación y sus aportaciones para el mejoramiento del presente trabajo de investigación

A la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, alma mater del saber, a los docentes de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial que con sus enseñanzas han hecho posible la materialización del sueño de ser profesional.

Kally Mariza.

Índice General

Pág.

Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
CAPÍTULO I	3
REVISION BIBLIOGRÁFICA	3
1.1. Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	3
1.1.1. Variedades comunes del cacao en el Perú	3
1.1.1.1. Descripción botánica (<i>Theobroma cacao</i> L.)	4
1.1.1.2. Clasificación taxonómica.....	6
1.1.1.3. Composición química de la cáscara de cacao.	7
1.1.1.4. Desechos de la producción de derivados del cacao.	8
1.1.2. Variedad CCN-51.	9
1.1.2.1. Genética de clon CCN-51.	11
1.1.2.2. Principales características del cacao CCN-51.....	12
1.1.3. Producción de cacao.....	13
1.1.3.1. Producción del cacao a nivel distrital.	13
1.1.3.2. Producción del cacao a nivel regional.....	13
1.1.3.3. Producción del cacao a nivel nacional.	14
1.1.3.4. Producción del cacao a nivel mundial.....	14
1.2. Pectina.	15
1.2.1. Localización biológica de la pectina.	16
1.2.2. Estructura y composición de la pectina.....	17
1.2.2.1 Cadenas principales de la pectina.	17
1.2.3. Clasificación de la pectina	20
1.2.3.1. Pectinas de bajo metoxilo (LM).....	20
1.2.3.2. Pectinas de alto metoxilo (HM)	21
1.2.3.3. Pectinas de bajo metoxilo amidadas	21
1.2.4. Clasificación de las sustancias pécticas	22
1.2.4.1. Protopectinas	22

1.2.4.2.	Ácidos pectínicos	22
1.2.4.3.	Pectinas	23
1.2.5.	Propiedades fisicoquímicas de las sustancias pécticas	23
1.2.6.	Caracterización química de la pectina.	25
1.3.	Liofilización	28
1.3.1.	Fundamentos de la liofilización	28
1.3.2.	Fases de la liofilización.....	31
1.4.	Importancia y aplicación industrial de la pectina.....	32
1.4.1.	Aplicaciones en la industria alimenticia	32
1.4.2.	Aplicaciones en la industria farmacéutica	33
CAPÍTULO II.....		34
MATERIALES Y MÉTODOS.....		34
2.1.	Lugar de ejecución	34
2.2.	Materia prima.....	34
2.3.	Equipos, materiales y reactivos de laboratorio	35
2.3.2.	Materiales.....	35
2.3.3.	Reactivos de laboratorio.....	36
2.4.	Metodología	36
2.4.1	Extracción de pectina por el método convencional	37
2.4.2	Método de preparación de la muestra.	37
2.4.2.1.	Descripción del proceso de elaboración.....	38
2.5.	Metodología experimental	38
2.5.1.	Descripción del proceso de extracción de pectina	39
2.5.2.	Caracterización física y química	41
2.5.2.1.	Caracterización física de la pectina.	41
2.5.2.2.	Caracterización química de la pectina.	42
2.6.	Diseño estadístico	44
CAPÍTULO III.....		45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
3.1.	Características físicas del cacao variedad CCN-51 (<i>Theobroma cacao</i> L.)	46
3.2.	Muestras de pectina a diferentes condiciones de extracción.....	46
3.3.	Rendimiento	47

3.4.	Humedad en base seca (HBS).....	49
3.4.1.	Secado por el método del liofilizado.....	52
3.5.	Viscosidad en dilución.....	53
3.6.	Cenizas totales.....	56
3.7.	Peso Equivalente.....	58
3.8.	Acidez libre.....	61
3.9.	Metoxilo.....	63
3.10.	Grado de Esterificación.....	66
3.11.	Ácido Galacturónico.....	68
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
	ANEXOS.....	78
	Anexo 1. Producción de cacao en el distrito de Pajarillo.....	79
	Anexo 2. Producción de cacao en la región San Martín.....	79
	Anexo 3. Producción a nivel nacional.....	80
	Anexo 4. Producción a nivel mundial.....	80
	Anexo 5. Análisis de varianza (ANVA) para el rendimiento.....	81
	Anexo 6. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento.....	81
	Anexo 7. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos homogéneos del pH.....	81
	Anexo 8. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos homogéneos de tiempo.....	81
	Anexo 9. Grafica de perfil entre el pH y el tiempo de rendimiento.....	82
	Anexo 10. Análisis de varianza para humedad.....	82
	Anexo 11. Prueba de Tukey al 5% para la humedad.....	82
	Anexo 12. Prueba de Tukey al 5% de los sub conjuntos de pH en la humedad.....	83
	Anexo 13. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos de tiempo en la humedad.....	83
	Anexo 14. Gráfico de pH y el tiempo de la humedad.....	83
	Anexo 15. Análisis de varianza para la viscosidad.....	83
	Anexo 16. Prueba de Tukey para tratamiento en la viscosidad.....	84

Anexo 17. Prueba Tukey para los subconjuntos de pH para la viscosidad.	84
Anexo 18. Prueba de Tukey para los subconjuntos de tiempo para la viscosidad.	84
Anexo 19. Gráfico de perfil para la viscosidad.	84
Anexo 20. Análisis de varianza para cenizas.....	85
Anexo 21. Prueba de Tukey para la ceniza.....	85
Anexo 22. Prueba de Tukey al 5% para subconjunto de pH en ceniza.	85
Anexo 23. Prueba de Tukey al 5% para subconjunto de tiempo en ceniza.	85
Anexo 24. Gráfica de perfil de ceniza.	86
Anexo 25. Análisis de varianza para el peso equivalente.....	86
Anexo 26. Prueba de Tukey para los tratamiento del peso equivalente.	86
Anexo 27. Prueba de Tukey de los subconjuntos de pH para el peso equivalente.....	87
Anexo 28. Prueba de Tukey de los subconjuntos de tiempo para el peso equivalente.....	87
Anexo 29. Gráfica de perfil del peso equivalente.....	87
Anexo 30. Analisis de varianza para acidez libre.....	88
Anexo 31. Prueba de Tukey para los tratamientos para la acidez libre.....	88
Anexo 32. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH para acidez libre.	88
Anexo 33. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para acidez libre.....	88
Anexo 34. Gráfica de perfil de acidez libre.....	89
Anexo 35. Análisis de varianza para metoxilo.	89
Anexo 36. Prueba de Tukey para los tratamientos de metoxilo.	89
Anexo 37. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH para el metoxilo.....	90
Anexo 38. Prueba de Tukey para subconjunto de tiempos para el metoxilo.....	90
Anexo 39. Gráfica de perfil para el metoxilo.	90
Anexo 40. Análisis de varianza para el grado de esterificación.	91
Anexo 41. Prueba de Tukey para tratamientos del grado de esterificación.....	91
Anexo 42. Prueba de Tukey para subconjunto de pH para el grado de esterificación.	91
Anexo 43. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para el grado de esterificación.....	91
Anexo 44. Gráfica de perfil para el grado de esterificación.	92
Anexo 45. Análisis de varianza para ácido galacturónico.....	92
Anexo 46. Prueba de Tukey para tratamiento para el acido galacturónico.	92
Anexo 47. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH en ácido galacturónico.....	93
Anexo 48. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para el ácido	

galacturónico.....	93
Anexo 49. Gráfica de perfil para el Ácido Galacturónico.....	93
Anexo 50. Imágenes del proceso de extracción de pectina a partir de la cáscara del cacao variedad CCN-51.....	94
Anexo 51. Imágenes de la preparación de la mermelada de fresa con la pectina de la cáscara del cacao variedad CCN-51.....	94
Anexo 52. Realizando la evaluación sensorial de la mermelada preparada.....	94
Anexo 53. Ficha de evaluación sensorial.....	94
Anexo 54. Ficha llenada de evaluación sensorial de la participante Dolly.....	94
Anexo 55. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Greisy.....	94
Anexo 56. Ficha de evaluación sensorial de participante Martín.....	94
Anexo 57. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Guido.....	94
Anexo 58. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Euler.....	94
Anexo 59. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Milagros.....	94
Anexo 60. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Katia.....	94
Anexo 61. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Walter.....	94
Anexo 62. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Juliana.....	94
Anexo 63. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Meliza.....	94

Índice de Tablas

Pág.

Tabla 1.	Composición de la mazorca de cacao en fresco (%p/p)	7
Tabla 2.	Composición .de cáscara por la FAO.	8
Tabla 3.	Valores de pectina en 17 frutos del Perú.	16
Tabla 4.	Relación entre el grado de esterificación y metoxilo.....	27
Tabla 5.	Especificaciones oficiales de Pectina comercial.....	27
Tabla 6.	Características físicas del cacao variedad CCN-51.	45
Tabla 7.	Rendimiento de la mazorca del cacao.....	46
Tabla 8.	Rendimientos obtenidos de cada tratamiento.	47
Tabla 9.	Humedad en base seca de cada tratamiento.....	50
Tabla 10.	Viscosidad en dilución.....	54
Tabla 11.	Ceniza con sus nueve tratamientos.	56
Tabla 12.	Peso equivalente (mg/meq).....	59
Tabla 13.	Acidez libre.....	63
Tabla 14.	Metoxilo.....	64
Tabla 15.	Grado de Esterificación.	66
Tabla 16.	Ácido galacturónico.....	69

Índice de Figuras

	Pág.
Figura 1. Tres tipos de cacaoteros.....	4
Figura 2. 1: Árbol de cacao - 2: Tallo y Ramas - 3: Hojas - 4: Flores -5:Fruto - 6: Semillas.....	6
Figura 3. 1: Cáscaras frescas, 2: Cáscaras en estado de descomposición, 3: Cáscaras como fuente de vectores.	9
Figura 4. Granos y cáscarilla de cacao.....	9
Figura 5. Descripción del cacao variedad CCN-51.....	11
Figura 6. Estructura de la pared celular primaria.....	17
Figura 7. Estructura del ácido α -D-galacturónico.....	18
Figura 8. Representación simplificada de la estructura de ramnogalacturonanas.....	18
Figura 9 . Descripción de la cadena péctica.....	19
Figura 10. Estructura básica de las sustancias pécticas.....	20
Figura 11. Pectina de bajo índice de metoxilo	20
Figura 12. Pectina de alto índice de metoxilo (HM).....	21
Figura 13. Pectina de bajo metoxilo amidada.....	22
Figura 14. Pectina de bajo metoxilo amidada.....	29
Figura 15. Diferentes fases de la liofilización.....	31
Figura 16. Ubicación geográfica del distrito.....	35
Figura 17. Diagrama de flujo general de preparación de la muestra.....	37
Figura 18. Proceso experimental de extracción de pectina.....	39
Figura 19. Muestra de pectina a condiciones diferentes de extracción.....	46
Figura 20. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de rendimiento (%R) en la pectina extraída.....	48
Figura 21. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de humedad (%H) en la pectina extraída.....	51
Figura 22. Influencia de los espesores con respecto al tiempo en el secado.....	53
Figura 23. Comparación de los promedios en Tukey de los tratamientos en viscosidad en dilución.....	55
Figura 24. Comparación de los promedios en Tukey de los tratamientos en ceniza.....	57
Figura 25. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del peso equivalente (mg/meq).....	60

Figura 26. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos de acidez libre (meq de carboxilos libres/g).....	63
Figura 27. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos de metoxilo.	65
Figura 28. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de grado de esterificación (%G.E) en la pectina extraída.	67
Figura 29. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de Ácido galacturónico (%A.G.A.) en la pectina extraída.....	70

Glosario

ICCO : International Cocoa Organization.

FAO : Food and Agriculture Organization.

FCC : Food Chemicals Codex.

HM : Pectina de alto metoxilo pectina con 50% a más de grupos carboxilos esterificados con metanol.

LM : Pectina de bajo metoxilo pectina con 50% menos de grupos carboxilos esterificados con metano.

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo extraer pectina, a partir de la cáscara del cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51. Se estableció una metodología para determinar el método de extracción, aplicando condiciones diferentes entre los dos factores pH y tiempos, con ello tres niveles para el factor pH (pH:1,5; 2,5; 3,5) y tres niveles para el factor tiempo (40, 60, 80 min) con una temperatura constante de 85°C, el proceso de extracción de pectina se realizó utilizando un agente extractante que fue el ácido cítrico y como agente precipitante el alcohol isopropílico.

Se determinaron las características fisicoquímicas de las pectinas extraídas de la cáscara de cacao, en cuanto al rendimiento obtenido como (%) de pectina seca, contenido de humedad (%), cenizas totales (%), viscosidad en dilución, peso equivalente (mg/meq), acidez libre (meq de carboxilos libres/g), contenido de metoxilo (%), grado de esterificación (%) y contenido de ácido galacturónico (%). Obteniendo de estos análisis, información sobre el tipo de pectina en la cáscara de cacao, con la finalidad de determinar los parámetros óptimos de extracción de pectina, De acuerdo a las especificaciones establecidas por el Food Chemicals Codex (FCC) (2010), para pectinas comerciales. Con los resultados ya determinados en los análisis mencionados, en rendimiento de pectina seca fue bajo (1,62 - 2,21%), en contenido de humedad oscila entre (7,82 - 10,11%), los valor de cenizas totales están (7,42 - 9,78%), viscosidad en dilución (109,56 - 163,33 cP), peso equivalente (1470,58 - 2164,527 mg/meq), acidez libre (0,5 - 0,66 meq carb. libres/g), metoxílo (3,80 - 6,69 %), grado de esterificación (65,0 - 81,1%), ácido galacturónico (16,60 - 23,41%). Con la finalidad de obtener el mejor tratamiento se aplicó el diseño estadístico de ANVA, el tratamiento que obtuvo mejor resultado fue el tratamiento siete (pH=3,5: t=40 min) en el contenido de humedad con un resultado de 7,82% ; en el análisis de cenizas totales con un resultado de 7,42% ; con un contenido de metoxílo de 6,69% ; con un grado de esterificación 81,09% y un contenido de ácido galacturónico 23,4% ; resultados que presentaron mayores características favorables al compararlas con los parámetros del FCC para pectinas comerciales.

Palabras clave: Pectinas, *Theobroma cacao L.*, ácido cítrico, hidrólisis ácida, alcohol isopropílico, cáscara de cacao.

Abstract

The objective of this research was to extract pectin, from the cocoa shell (*Theobroma cacao* L.) variety CCN-51. A methodology was used to determine the extraction method, applying different conditions between the two pH factors and times, thus three levels for the pH factor (pH: 1,5; 2,5; 3,5) and three levels for the Time factor t ° (40, 60, 80 min) with a constant temperature of 85 ° C, the pectin extraction process was performed using a citric acid extractant and precipitating agent isopropyl alcohol.

In order to achieve this, the physicochemical characteristics of the pectins extracted from the cocoa shell were determined in terms of yield (%) of dry pectin, moisture content (%), total ash (%), dilution viscosity (CP), equivalent weight (mg / meq), free acidity (meq of free carboxyls / g), methoxy content (%), degree of esterification (%) and galacturonic acid content (%). Obtaining from these analyzes, information on the pectin type in the cocoa shell, in order to determine the optimal pectin extraction parameters, according to the specifications established by the Food Chemicals Codex (FCC) for commercial pectin. With the results already determined in the mentioned analyzes, in dry pectin yield was low (1,62-2,21%), in moisture content oscillates between (7,82-10,11%), the total ash value (9,48%), viscosity in dilution (109,56-163,33 cP), equivalent weight (1470,58-2164,527 mg / meq), free acidity (0,5-0,66 meq carb Free / g), methoxyl (3,80-6,69%), degree of esterification (65,0-81,1%), AGA (16,60-23,41%). In order to obtain the best treatment, the statistical design of ANVA was applied, the treatment that obtained the best results was the T7 treatment (pH = 3.5: t= 40 min) in the moisture content with a result of (7,82%) in the analysis of total ash with a result of (7,42%), with a methoxy content of (6,69%), with a degree of esterification (81,09%) and an AGA content (23,4%), which presented better favorable characteristics when compared to the FCC parameters for commercial pectins.

Key words: Pectins, *Theobroma cacao* L., citric acid, acid hydrolysis, isopropyl alcohol, cocoa husk



Introducción

El Perú, al igual que la gran mayoría de los países de Latinoamérica, no produce pectina ni sus derivados, importándose para cubrir la demanda de la industria alimentaria y farmacéutica. México ha logrado apropiarse del mercado mundial, exportando cerca de 5 mil toneladas al año, con un importe de 45 millones de dólares, este país obtiene pectina de los residuos del limón. La variedad de cacao CCN-51 es una variedad traído del Ecuador; se afirma que es resistente a enfermedades y produce cuatro veces más que los criollos nativos.

La región de San Martín se ha convertido en una región productora de cacao, cuyas áreas anualmente se están incrementado, con la variedad de cacao CCN-51, el cual se encuentra distribuido en más del 80% de las áreas (monocultivo). La variedad CCN-51 es productivo y de maduración rápida, estas cualidades son apreciadas por el agricultor.

La pectina, es un polisacárido compuesto de una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, es un producto natural que está presente en la piel de todos los vegetales, especialmente en las frutas, cumpliendo funciones de crecimiento, morfogénesis, desarrollo y defensa; siendo el principal responsable de su textura, se destaca en la fibra dietaria por sus propiedades de hidrocoloides y los beneficios en la salud (regulación del apetito, mitigación de enfermedades coronarias y ciertos tipos de cáncer), estas son ampliamente empleadas como aditivo alimentario, ésta juega un papel muy importante para la calidad del producto final.

Según la Food and Drug Administration (FDA 2010), el empleo de pectinas en alimentos se ha reconocido como seguro, las cuales se utilizan como agente gelificante, estabilizante o espesante y ha sido ampliamente estudiada en la industria alimenticia y farmacéutica. La cáscara del cacao es responsable del 52 – 72 % del peso húmedo de la vaina, las cuales se dejan generalmente para descomponerse en las plantaciones del cacao, que generan después de la cosecha olores desagradables, además de insectos (chinchas) y causan el inóculo de la enfermedad botánica conocida como pudrición negra en la cáscara. La creciente demanda de granos de cacao ha llevado a la acumulación excesiva de cáscara de cacao y representa un serio problema de eliminación; esta premisa nos otorga motivación para seguir realizando investigaciones sobre el tema.

Para el presente trabajo de investigación se tiene los siguientes objetivos:

Objetivos

➤ **Objetivo general**

- Extraer pectina, a partir de la cáscara del cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51 procedente del distrito de Pajarillo - Provincia de Mariscal Cáceres.

➤ **Objetivos específicos**

- Determinar el método de extracción aplicando condiciones diferentes de pH y tiempos.
- Determinar los parámetros óptimos de extracción de pectina a partir de la cáscara de cacao variedad CCN-51.
- Determinar la caracterización físico-químico del producto obtenido.

CAPÍTULO I

REVISION BIBLIOGRÁFICA

1.1. Cacao (*Theobroma cacao* L.)

El cacao (*Theobroma cacao* L), es una especie endémica de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del Río Amazonas. En esta región se han encontrado los más diversos tipos de frutos, algunos parecidos a la variedad Criollo, denominados Criollos de montaña, amelonados grandes como la variedad “Nacional” del Ecuador, “angoletas” parecidos a otros clones Parinaris y otros tipos de “amelonados” (Nizama, 2015).

1.1.1. Variedades comunes del cacao en el Perú

Es conocida que durante miles de años el cacao ha sido cultivado en América y debido a numerosas mutaciones, cruzamientos naturales y hasta selecciones, todos los tipos que se encuentran hoy en cultivo no son más que una variedad o cultivares de las que apenas es posible conocer su origen y su historia. Se clasifican en:

- a) **Tipo criollo:** Crecen bajo condiciones semi-silvestres y se distribuyen desde México hasta Colombia y Venezuela. Son árboles poco vigorosos, de lento crecimiento, más susceptibles a enfermedades e insectos que los “Forasteros” y se caracterizan por su alta diversidad. Existen de forma variable (alargados, amelonados y cundeamor), con ápice acuminado y de superficie lisa o rugosa (Nizama, 2015).
- b) **Tipo forastero del Alto Amazonas:** Crecen al estado silvestre y domesticado en la Amazonia Alta (Perú, Ecuador y Colombia). Son árboles vigorosos con frutos verdes y de forma variable. En los forasteros de alto Amazonas, pueden existir mazorcas con mayor rugosidad y constricción basal acentuada. Las almendras son generalmente pequeña y con ciertas excepciones grandes (Nizama, 2015).
- c) **Tipo trinitario:** Surge del cruce del cacao Criollo y Forastero. Las mazorcas suelen ser de muchas formas y colores; las semillas son más grandes que las del cacao criollo y

forastero; las plantas son fuertes (Nizama, 2015). En la figura 1, se muestra los tres tipos de cacaoteros.



Figura 1. Tres tipos de cacaoteros. (Fuente: Nizama 2015).

1.1.1.1. Descripción botánica (*Theobroma cacao* L.)

Según la Asociación Nacional de Exportadores e Industriales de Cacao del Ecuador (ANECACAO, 2007) la especie cacao (*Theobroma cacao* L.) Es una especie diploide ($2n = 20$ cromosomas), de porte alto (8 - 20 m de altura) y de ciclo vegetativo perenne. Crece y se desarrolla usualmente bajo sombra.

a) **Raíces:** Donde inicia el crecimiento del tronco y se forma o desarrolla el sistema radicular, existe una zona de transición bien definida conocida como cuello de la raíz. En plantas reproducidas por semillas el sistema radicular está compuesto por una raíz principal denominada raíz pivotante o raíz primaria, la cual crece hacia abajo de forma recta. La raíz principal es pivotante y puede alcanzar de 1,5 – 2,0 m de profundidad, las raíces laterales en su mayoría se encuentran en los primeros 30 cm del suelo alrededor del árbol, pudiendo alcanzar los 5 – 6 m de longitud horizontal. La forma y desarrollo de las raíces del cacao dependen principalmente de la textura, estructura y consistencia del suelo así como del modo de reproducción. En suelos profundos bien aireados y crecimiento alcanzar hasta 2 metros de profundidad; en suelos pedregosos su

crecimiento es tortuoso, cuando el suelo es de una estructura granular uniforme la raíz crece erecta.

- b) Tallo:** El tallo, en su primera fase de crecimiento, es ortotrópico (vertical) que perdura por 12-15 meses. Luego, este crecimiento se interrumpe para dar lugar a la formación de 4 - 5 ramitas secundarias denominadas (“horqueta”), que crecerán de forma plagiotrópico (horizontal). Debajo de la horqueta aparece con frecuencia brotes ortotrópicos verticales, denominados “chupones” que darán lugar a una nueva horqueta y este evento puede repetirse por 3 a 4 veces consecutivas en el tiempo, ya que el tallo es el soporte fundamental del árbol cacaotero.

- c) Hojas:** Las hojas son enteras, de 15 – 50 cm de longitud y de 5 – 20 cm de ancho, con ápice acuminado o romo; simétricas en el brote ortotrópico y/o asimétricas en las ramas plagiotrópicas. La forma del limbo puede ser: elíptica, ovada o abovada, con peciolo que presentan dos engrosamientos, denominados “pulvínulos”, uno en la implantación con el tallo, y otro en la inserción con el limbo foliar. En las ramas plagiotrópicas, los dos pulvínulos están casi unidos, los brotes tiernos generalmente presentan pigmentación antociánica con excepción de árboles mutantes.

- d) Flores:** Durante su formación, crecimiento y estado adulto, las hojas exhiben pigmentaciones diferentes, cuya coloración varía desde muy pigmentadas hasta poca pigmentación. Las flores, son hermafroditas, pentámeras (5 sépalos, 5 pétalos, 5 estaminodios, 5 estambres, y 5 lóculos por ovario), completas (todos sus verticilos florales) y perfectas (con androceo y gineceo). Las flores del cacao son la parte fundamental de la planta porque estas son tan importantes, las flores que estas aparecen en el tronco en forma solitaria o en grupos (“cojines florales”). Su diámetro oscila entre 1 – 1,5 cm de longitud. Los sépalos son de prefloración valvar con o sin pigmentación antociánica y los pétalos de prefloración imbricada, presentando partes distintas, una base cóncava seguido de un puente delgado y el extremo superior amplio y con el ápice redondeado denominado “lígula”. Los 5 estambres están bifurcados en el ápice y cada bifurcación posee una antera biteca. Los 5 estaminodios son infértiles y actúan como órganos de atracción de insectos y/o protección del gineceo. El ovario es súpero, pentacarpelar y pentalocular. Cada lóculo contiene dos series de óvulos anátropos de placentación axial pudiéndose encontrar en promedio de 30 – 60 óvulos por ovarios.

e) **Frutos:** Los frutos son bayas, con tamaños que oscilan de 10 – 42 cm, de forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata); de superficie lisa o rugosa, y de color rojo o verde al estado inmaduro, que depende de los genotipos. El ápice puede ser agudo, obtuso, atenuado, redondeado, apezonado o dentado; la cáscara gruesa o delgada y los surcos superficiales o profundos, el epicarpio y el endocarpio son carnosos estando separados por un mesocarpio fino y leñoso, la pigmentación de la cáscara se obtiene dependiendo del tipo de cacaotero. **Semillas:** Las semillas, o almendras son de tamaño variables (1,2 – 3 cm), longitud cubiertas con un mucílago o pulpa de color blanco cremoso, de distintos sabores y aromas (floral, frutal) y grados de acidez, dulzura astringencia. En la figura 2, se encuentra las imágenes de cada uno partes de la planta de cacao.

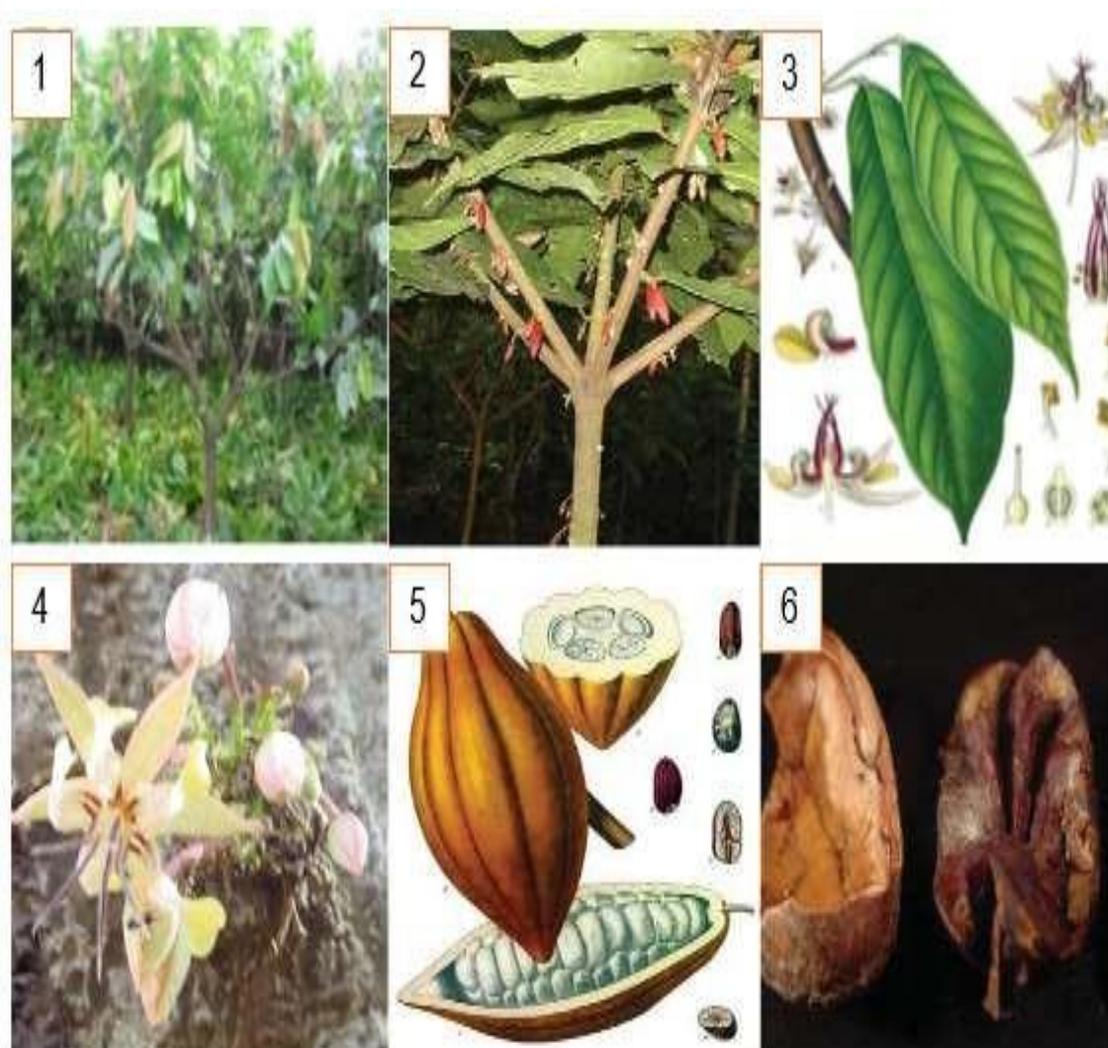


Figura 2: 1:Árbol de cacao - 2: Tallo y Ramas - 3: Hojas - 4: Flores -5:Fruto - 6: Semillas. (Fuente: Suárez y Orosco 2014).

1.1.1.2. Clasificación taxonómica

Según el Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria Alimentaria INIA (2009), afirma que la clasificación taxonómica del cacao es la que sigue:

Reino	: Plantae
Subreino	: Tracheobionta
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Dilleniidae
Orden	: Malvales
Familia	: Sterculiaceae
Subfamilia	: Byttnerioideae
Género	: Theobroma
Especie	: Cacao L.

1.1.1.3. Composición química de la cáscara de cacao

En la tabla 1, se observa la comparación de los cuadros con los diferentes resultados obtenidos en anteriores investigaciones sobre la composición química del cacao. Los promedios aproximados de la composición de la cascara o mazorca del cacao, todos los valores están expresados como % del peso sobre una base de alimentos. En la tabla 2, se muestran los datos obtenidos por la FAO.

Tabla 1

Composición de la mazorca de cacao en fresco (%p/p)

COMPONENTE	% p/p
Humedad	85,00
Proteína	1,07
Minerales	1,41
Grasa	0,02
Fibra	5,45
Carbohidratos	7,05
Nitrógeno	0,17
Fósforo	0,02
Potásio	0,54
Pectinas	0,89

Fuente: Ardila y Carreño (2011).

Tabla 2.

Composición de cáscara por la FAO

COMPONENTE	% p/p
Humedad	85,10
Proteína cruda	1,20
Lípidos	0,10
Fibra cruda	4,30
Nitrógeno	8,00
Cenizas	1,30
Calcio	0,00
Fosforo	0,00

Fuente: FAO (2011).

1.1.1.4. Desechos de la producción de derivados del cacao

a) Cáscara

Si la flor es fertilizada y las condiciones son perfectas, las flores de cacao comenzarán a crecer en las vainas de cacao. Incluso en esta etapa, el desarrollo de la vaina no está garantizada. La gran mayoría de las vainas que comienzan a desarrollarse hasta que estén unos cuantos centímetros de largo, pero si las condiciones no son favorables, la vaina puede marchitarse; a medida que la vaina cacao crece y se desarrolla comenzará a tener una amplia variedad de posibles formas y colores. Las cáscaras o vainas de cacao tienen una forma parecida a una pelota de fútbol americano. Pueden ser lisas, arrugadas o verrugosas tienen un bulbo pronunciado, los colores son variados como rojo, morado y verde son los más comunes.

Las cáscaras, son el 90% del fruto y son el principal producto de desecho de la industria cacaotera. Por tanto, representa un grave problema ya que este desecho se convierte en unas plantaciones. Las cáscaras frescas o secas pueden ser utilizadas como alimento para el ganado. Pero su contenido de teobromina restringe la proporción en la cual puede ser consumido, por lo que su uso ha sido limitado (Suarez y Orosco, 2014). En la figura 3, se observa las cáscaras de cacao en sus diferentes estados.



Figura 3: 1: Cáscaras frescas, 2: Cáscaras en estado de descomposición, 3: Cáscaras como fuente de vectores. (Fuente: Nizama 2015)).

b) Cascarilla

Según Suarez y Orosco (2014), Es el subproducto que se obtiene después de secar el grano de cacao, fermentarlo y tostarlo. La cascarilla de cacao nutricionalmente aporta como todo alimento macronutriente (proteínas, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales); a su vez contienen entre un 2,85 a 3,14% de grasa en relación con el 30% a 50% del cacao. En la figura 4, se muestra los granos de cacao y la cascarilla.



Figura 4: Granos y cáscarilla de cacao. (Fuente: Nizama 2015)).

1.1.2. Variedad CCN-51

Luego de muchos años de esfuerzo, sacrificio y falta de apoyo oficial, Homero Castro logra en 1960 en su finca “Teobroma” localizada en Naranjal seleccionar varios híbridos con las características deseadas, procediendo luego a clonar algunos de ellos a los que los denominó con las siglas CCN-51 cuyo significado es “Colección Castro Naranjal”.

Los diferentes variedades CCN fueron obtenidos del híbrido entre los clones ICS-95 - IMC-

67 (Imperial College Selection e Iquitos Mixed Cabacillo), habiendo procedido luego a realizar un segundo cruce entre dicho híbrido con un cacao encontrado por él en el Oriente ecuatoriano y denominado “Canelos” (Cedeño, 2004). Los híbridos, entre los que destaca el trinitario es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es más próxima al del segundo. Las variedades más utilizados por el INIAP son: CCN-51, ICS-6, ICN-95.

El CCN-51 tiene un mayor potencial de rendimiento y resistencia a las enfermedades fungosas comunes, esto se debe a su extraordinario creación, Si el proceso de fermentación es el adecuado puede llegar a tener buenas características de calidad. Esta variedad puede alcanzar a un rendimiento de 4,000 kg de semillas secas/hectárea bajo exposición solar y alta densidad (Ardila y Carreño, 2011).

Esta variedad de cacao tiene un rendimiento más alto comparado con el criollo; con un manejo adecuado desde la siembra hasta el secado del grano. La siembra de la variedad CCN-51 resulta altamente rentable para producción y comercialización, sin dejar de lado la calidad del grano. Para tener una producción eficiente es necesario tener la variedad específicos de calidad CCN-51. Es también necesario mantener un riego estable en los primeros meses de la siembra.

De acuerdo a la encuesta realizada por la Cooperativa Agraria Acopagro- ACOPAGRO (2014), situada en Juanjuí, sus resultados estadísticos señalaron que el 90% de la provincia de Mariscal Cáceres, Región San Martín está sembrado con la variedad CCN-51, también mediante su encuesta realizada, manifestaron su preocupación por los riesgos que conlleva la siembra de CCN-51 como patrón debido a la presencia de enfermedades como el “pie negro” y “mal del machete” que pueden causar muerte de árboles en producción, cómo de la naranja y otras plantaciones, el CCN-51 se caracteriza por ser un cultivar precoz frente a los demás variedades, pues esta variedad ya mencionada inicia su producción a los 24 meses de edad. En la figura 5, se aprecia la descripción de la variedad CCN-51.

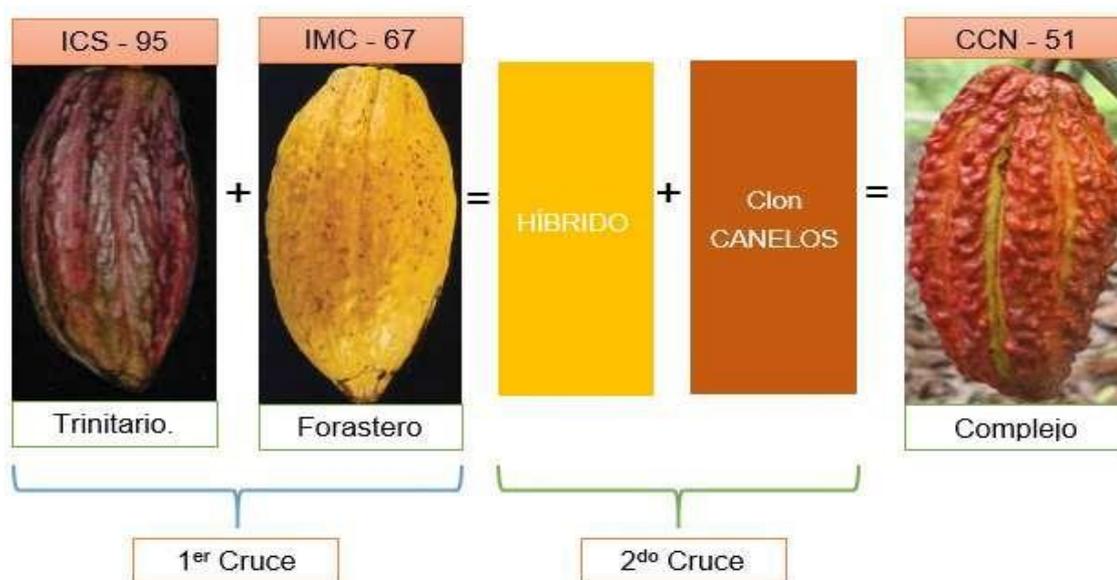


Figura 5. Descripción de la variedad CCN-51. (Fuente: Ardila y Carreño 2011).

1.1.2.1. Genética de la variedad CCN-51

Según García (2012), presentó la información morfo-agronómica e industrial de variedad CCN-51, es útil para identificar y/o verificar la identidad genética de este clon comercial ampliamente difundido y muy conocida en el Perú. A continuación se muestra la descripción morfo-agronómica:

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| 1. Grupo genético | : Complejo |
| 2. Tamaño del fruto | : Grande |
| 3. Forma del fruto | : Alargado |
| 4. Tamaño de la semilla | : Mediana |
| 5. Número de semillas | : 35-55 |
| 6. Compatibilidad | : Autocompatible |
| 7. Reacción a : | |
| - Escoba de bruja | : Mod. Resistente. |
| - Moniliasis | : Susceptible. |
| - Pudrición | : Susceptible. |
| - Calidad organoléptica | : Corriente o básico. |
| - Calidad organoléptica | : Corriente o básica. |

1.1.2.2. Principales características del cacao CCN-51

- a) En primer lugar se destaca su altísima productividad que llega en muchos sembríos a superar los 2,300kg (50 quintales de 45kg) por hectárea, lo que lo convierte en un cultivo rentable para el agricultor carente hoy en día de alternativas seguras.
- b) Es un clon auto compatible, es decir no necesita de polinización cruzada para su adecuado fructificación tal como la mayoría de los clones.
- c) El CCN-51 se caracteriza por ser un cultivar precoz pues inicia su producción a los 24 meses de edad.
- d) Es tolerante a la “Escoba de Bruja” enfermedad que ataca a la mayoría de variedades de cacao destruyendo gran parte de su producción.
- e) Es una planta de crecimiento erecto pero de baja altura lo que facilita y abarata las labores agronómicas tales como poda y cosecha entre otras.
- f) Excelente índice de mazorca (17,6 mazorcas/kilo) 8 mazorcas/libra de cacao seco, en comparación con el índice promedio de (24.6 mazorcas/kilo) 12 mazorcas/libra.
- g) Excelente índice de semilla: 1,45 gramos/semilla seca y fermentada comparado con el índice promedio de 1,2 gramos/semilla seca.
- h) Alto índice de semillas por mazorca: que es de 45 – 55 semillas, mucho más alto que el promedio normal de 36 semillas por mazorca.
- i) Adaptabilidad: Es un clon cosmopolita que se adapta a casi todas las zonas tropicales desde el nivel del mar hasta los 1,000 sobre el nivel del mar.
- j) Alto porcentaje de manteca (54%) lo que lo hace muy cotizado por las industrias farmacéutica y cosmética.
- k) Calidad del cacao: Con buen manejo post cosecha la variedad CCN-51 es de primera calidad para exportación en los mercados europeos.
- l) Excelente precio: Debido a la calidad del grano y a su alto contenido de manteca el CCN-51 se cotiza en el mercado internacional con premios de hasta \$100 sobre la Bolsa de New York (González et al., 2009).

1.1.3. Producción de cacao

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Su centro de origen está situado en el noroeste de América del Sur, en la zona amazónica. El cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L), en el Perú tiene gran importancia dentro de la economía del país en la generación de divisas, por tratarse de un producto de exportación y materia prima para las industrias en la fabricación de chocolate y sus derivados.

El cultivo de cacao representa uno de los rubros económicos de mayor importancia para los agricultores peruanos, debido a la calidad y sabor del cacao peruano ha contribuido a incrementar las ventas al exterior.

En el Perú, actualmente se ha despertado un alto interés por el cultivo del cacao debido al alza de precio y a la demanda aun insatisfecha, del mercado internacional y nacional. Los productores dedicados a dicho cultivo en su mayoría son pequeños agricultores, cuyos lugares de producción están ubicados en la Amazonía del país. El cacao es un cultivo tradicional de la economía campesina cultivado en parcelas de tamaño pequeño o mediano con unidades productivas de 3,3 hectáreas en promedio. Este se cultiva en casi todo el territorio nacional, pero su cultivo se concentra básicamente en zonas agrónomas, montañosas.

1.1.3.1. Producción del cacao a nivel distrital

Según la Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO (2016), en el distrito de Pajarillo la producción de cacao está distribuida en 102,75 hectáreas, en el 2015 la producción alcanzó 133,58 toneladas de diversas variedades como (CCN -51, ICS-95, ICS-39), en la cual 112,13 toneladas es perteneciente a la variedad CCN-51. Durante el periodo 2011- 2015 se obtuvo un crecimiento de forma ascendente en superficies cosechadas y en la producción estimada, en el 2011 se obtuvo un total de 79,55 hectáreas cosechadas y una producción de 103,41 toneladas de clones diversos, de las cuales 74,25 toneladas pertenecientes a la variedad CCN – 51. La descripción de los años 2012, 2013 y 2014, se encuentra en el anexo 1.

1.1.3.2. Producción del cacao a nivel regional

Según IV CENAGRO (2012), menciona que San Martín es la región con la mayor

superficie cosechada en comparación con las demás regiones del Perú.

Dentro de las diez provincias, la principal zona de producción lo tiene Tocáche con un 37% de producción estimada, equivalente a 10,968 toneladas, con un total de 14,061.97 hectáreas cosechadas, seguidamente la provincia de Mariscal Cáceres con un 22% de producción estimada, equivalente a 6,505 toneladas, con 9,293.02 en hectáreas cosechadas, estos datos fueron obtenidos de las campañas 2011-2012, los datos de las siguiente ocho provincias se puede encontrar en el anexo 2.

1.1.3.3. Producción del cacao a nivel nacional

Según MINAGRI-OEE/IV CENAGRO (2012), las principales zonas de producción están en el Cusco, San Martín, Ayacucho, que representan el 82% del total de la producción nacional y el resto del país concentran el 18%, mientras la superficie cosechada a nivel nacional creció en el periodo 2005-2012 a una tasa promedio anual del 16% el departamento de San Martín lo hizo a una tasa impresionante de 41% promedio al año, pasando de cosechar 4,237 hectáreas en el año 2005 a 46,915 hectáreas en el año 2012, en comparación con los demás regiones del país.

No obstante, cabe señalar que una de las regiones que más destaca en su producción y exportación es San Martín, que el año 2011 exportó del total registrado, cerca de 44 millones de dólares.

Los principales mercados de destino del cacao en grano son Francia, Alemania, Italia, Estados Unidos, Bélgica, Holanda y Canadá, (MINAG- series históricas de producción agrícola), Así ésta región paso de representar el 8% de la superficie nacional de la superficie nacional en el año 2005 a participar con la tercera parte (33%) de la superficie cosechada a nivel nacional en el año 2012, todos los datos descritos se encuentra en el anexo 3.

1.1.3.4. Producción del cacao a nivel mundial

Durante los últimos diez años se ha apreciado una creciente concentración geográfica en el cultivo de cacao, y la región de África se ha establecido firmemente como principal proveedor. El comercio mundial de cacao en grano, es significativo ya que

constituyen la base de la economía nacional de la mayoría de los países productores en este continente.

Según la International Cocoa Organization - ICCO (2012), se evidencia que el mayor productor mundial de cacao es Costa de Marfil. La producción mundial de cacao está altamente concentrada en pocos países en especial a los pertenecientes al continente Africano entre ellos Camerún, Costa de Marfil, Ghana y Nigeria. Actualmente, el continente africano representa el 68% de la oferta mundial. La producción de grano es liderado por Costa de Marfil con el 35% de la producción mundial en el año 2011. La distribución en porcentajes de los principales países productores se muestra en el anexo 4.

1.2. Pectina

La pectina fue descubierta en 1790 cuando Vauquelin encontró una sustancia soluble en el zumo de las frutas. En 1825 el científico Francés Braconnot continuó las investigaciones realizadas por Vauquelin y encontró una sustancia ampliamente disponible en los tejidos vegetales y ya observada en el pasado, la llamó “pectina ácida”, del riego “pectos” que significa sólido, denso, coagulado. Las pectinas constituyen mezclas complejas de polisacáridos que pueden llegar a constituir un tercio del peso seco de la pared celular de las dicotiledóneas y algunas monocotiledóneas (Gamboa, 2009).

La pectina forma coloides por excelencia, ya que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua, pertenecen a la familia de los oligosacáridos y polisacáridos de alto peso molecular y contienen largas cadenas formadas por unidades de 1,4- α -D-ácidogalacturónico (GalpA). La pectina se obtiene por extracción acuosa de un oportuno material vegetal comestible por lo general de cítricos o manzanas. Tres polisacáridos pécticos (homogalacturona, rhamnogalacturona I y galacturonas sustituidas) han sido separados y caracterizados todos contienen GalpA en mayor o menor cantidad, aunque la pectina se encuentran en la mayoría de tejidos vegetales, el número de fuentes comerciales es muy limitado debido principalmente a que la proporción y la capacidad de formar geles.

En la tabla 3, se muestra el porcentaje de pectina en 17 frutos. Se observa que el mayor porcentaje de pectina se encuentra en el Limonsón y limón, por lo que ambos frutos se seleccionaron para la extracción y caracterización de la pectina (Chasquibol et al 2008).

Tabla 3

Valores de pectina en 17 frutos del Perú.

Fruta	Nombre Científico	Pectina (%)
Limonsón	<i>Chrysobalanus icaco.</i>	25,30
Limon	<i>Citrus aurantifolia.</i>	20,54
Cáscara de maracuyá	<i>Pasiflora edulis.</i>	18,45
Toronjas	<i>Citrus paradisi.</i>	17,40
Mango	<i>Manguifera indica L.</i>	13,00
Granadilla amarilla	<i>Passiflora ligularis.</i>	13,60
Cáscara de naranja	<i>Citrus sinensis L.</i>	12,52
Níspero de la sierra	<i>Nespilus germánica.</i>	8,400
Mesocarpio de la granadilla	<i>Pasiflora ligularis.</i>	8,000
Lúcuma	<i>Poutería lucuma.</i>	7,120
Carambola	<i>Averrhoa carambola.</i>	6,400
Cáscara de cacao.	<i>Theobroma cacao L.</i>	6,280
Guayaba	<i>Psidium guajava.</i>	4,950
Ciruelo del fraile	<i>Bunchosia armeniaca.</i>	4,600
Tomate de árbol	<i>Cyphomandra betacea.</i>	4,340
Chirimoya	<i>Annona cherimola Mill.</i>	2,050
Cocona	<i>Solanum sessiliflorum.</i>	1,380

Fuente: Chasquibol et al (2008).

1.2.1. Localización biológica de la pectina

La pectina consiste en un conjunto de polisacáridos que están presentes en la pared celular y son particularmente abundantes en las partes no leñosas de las plantas terrestres. La pared celular vegetal es una matriz compleja que define las características individuales de las células dentro de las plantas, caracterizándola morfológicamente y jugando un papel fundamental en la comunicación entre células, en esta se puede contener diferentes carbohidratos (celulosa, hemicelulosa y polisacáridos pécticos) así como, proteínas, lignina y sustancias incrustadas como cutina, suberina y compuestos inorgánicos. Esta estructura compleja se presenta en las células vegetales de dos maneras, por lo que tradicionalmente se ha dividido en dos tipos: una pared celular primaria fina y una secundaria más gruesa.

Dos modelos estructurales son propuestos para la pared celular primaria: tipo I, compuesto principalmente de celulosa, xiloglucanos, extensina y pectina (20-35%) y de tipo II, compuesto de celulosa, glucoarabinoxilanas, compuestos fenólicos y una menor proporción de pectina (10%).

La pectina se obtiene por extracción acuosa de un oportuno material vegetal comestible (por lo general cítricos o manzanas), seguida por una precipitación selectiva efectuada con alcohol y sales. Las materias primas usadas contienen una elevada concentración de pectina de calidad superior y están disponibles en cantidad suficiente para hacer el proceso de industrialización económicamente ventajosos.

La pared secundaria, es una estructura compleja adaptada a la función celular, está formada internamente por una pared primaria no diferenciada, estos polisacáridos pécticos son importantes en el control de la porosidad de la pared, otra función está ligada a los mecanismos de defensa (Gamboa, 2009). En la figura 6, se puede observar la ubicación de la pectina en la pared celular.

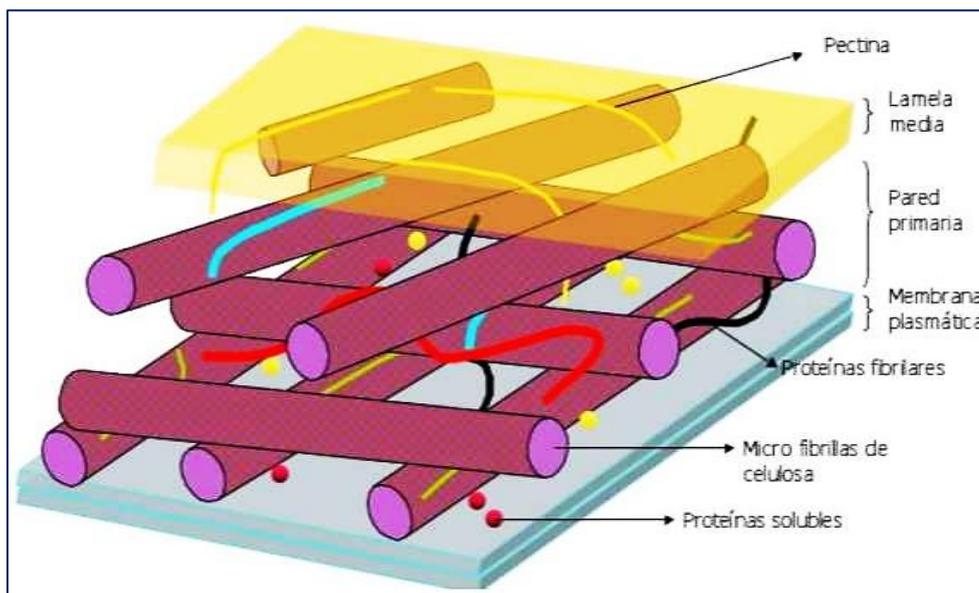


Figura 6: Estructura de la pared celular primaria. (Fuente: Gamboa 2009).

1.2.2. Estructura y composición de la pectina

1.2.2.1. Cadenas principales de la pectina.

- a) **La homogalacturonana (HG):** Es el polisacárido péctico más abundante en la pared celular, corresponde cerca del 60-65% del total de la pectina. Este presenta unidades

del ácido α -D-galacturónico, en enlaces 1 \rightarrow 4 en un patrón lineal. Los grupos carboxilos están parcialmente metil esterificados. Las cadenas pueden ser, dependiendo de la fuente vegetal, parcialmente O-acetilada en C-3 o en C-2 (Suárez y Orosco, 2014). En la figura 7, se presenta la estructura del ácido galacturónico.

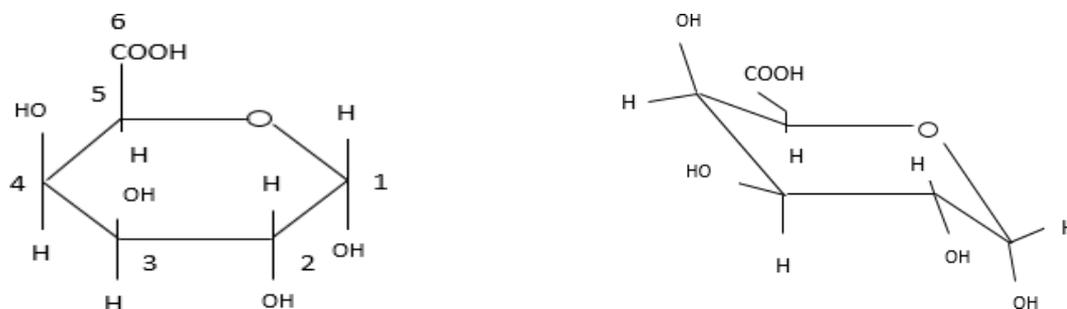


Figura 7. Estructura del ácido α -D-galacturónico. (Fuente: Suárez y Orosco 2014).

- b) **La ramnogalacturonana I (RG-I):** Presenta una configuración en zig-zag, debido a que en la cadena de ácido α -1,4-galacturónico aparecen residuos de 1,2-ramnosa, y cuando además está ramificada en C4, se origina una configuración en Y. Se caracteriza por poseer una variedad de diferentes cadenas de glucanos (principalmente arabinana y galactana) ligadas a las unidades de ramnosa. En resumen, está compuesta por una cadena que representa el disacárido [1 \rightarrow 4- α -D- GalA-(1 \rightarrow 2)- α -L-Rha-] n. La longitud de la cadena puede variar considerablemente y la composición de los azúcares de RG - I puede ser muy heterogéneo. La Ramnogalacturonana I, representa el 20-35 % de la pectina. (Suárez y Orosco, 2014). En la figura 8, se muestra la estructura ramnogalacturonanas.

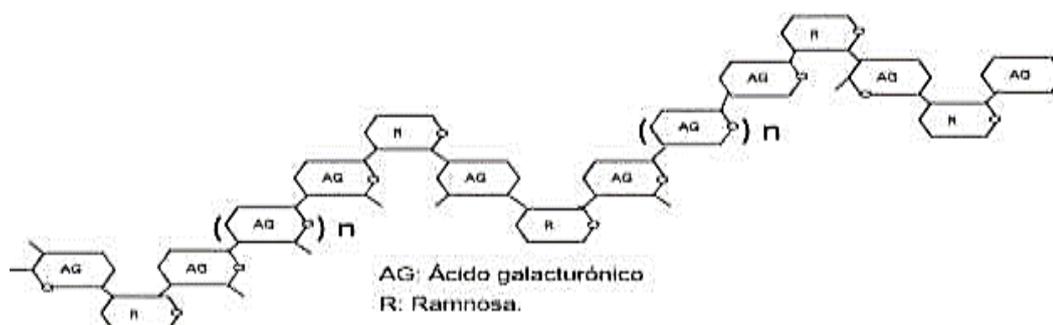


Figura 8: Representación simplificada de la estructura de ramnogalacturonanas. (Fuente: Suárez y Orosco 2014).

- c) **La Ramnogalacturonana II (RG-II):** Es un segmento estructuralmente más complejo y compone el 10% de la pectina. Esta estructura está presente en la mayor parte de las especies vegetales; consiste en un esqueleto de un mínimo de ocho homogalacturonana

(probablemente más unidades). Son monómeros que contienen cadenas laterales de hasta 12 tipos diferentes de azúcares, algunos muy peculiares como apiosa, ácido acérico, ácido 3-desoxi-lixo-2-heptulosárico (DHA) y ácido 3-desoxi-mano-2-octulosónico (KDO), En la figura 9, se observa en la cadena péctica.

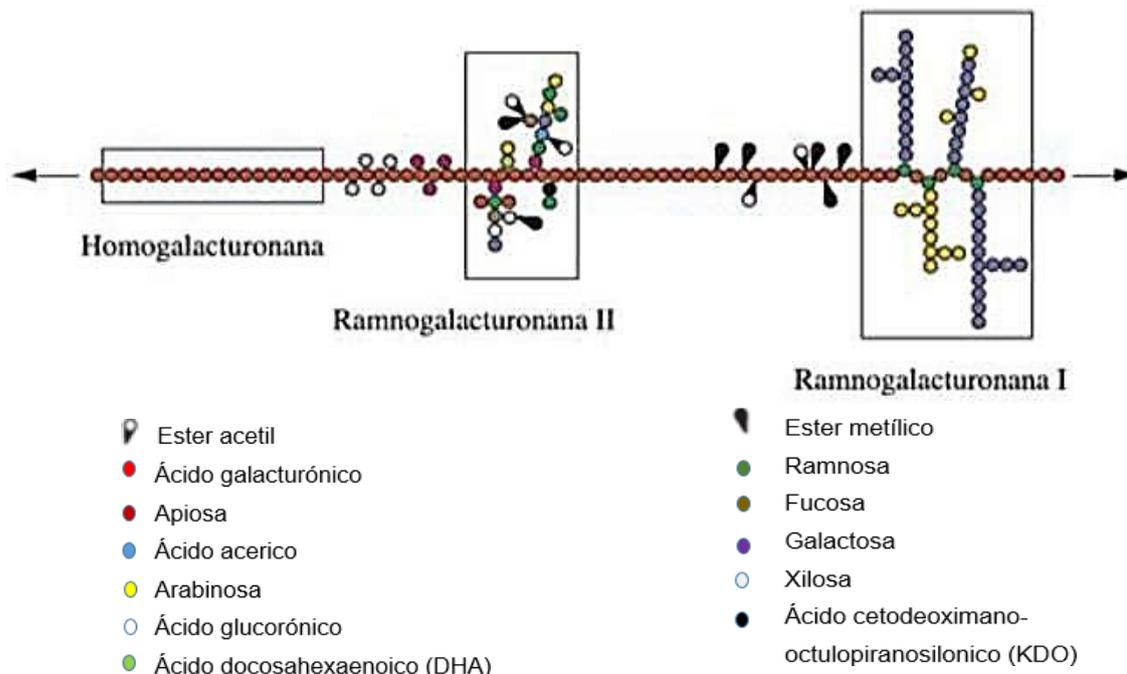


Figura 9 : Descripción de la cadena péctica. (Fuente: Suárez y Orosco 2014).

Las mayores concentraciones de pectinas se han encontrado en la lámina media de la pared celular, disminuyendo gradualmente su contenido hacia la membrana plasmática. Constituyen, una tercera parte de la pared celular de las plantas dicotiledóneas y algunas monocotiledóneas. Las pectinas cumplen una función lubricante y cementante en la pared celular de las plantas superiores; están implicadas en la textura y maduración de los frutos y en el crecimiento de los vegetales. Además, se encuentran asociadas con una parte sustancial de las materias estructurales de los tejidos blandos (parénquima de las frutas, celulosa y de las raíces carnosas) y le otorgan a la pared celular la habilidad de absorber grandes cantidades de agua. Se puede decir que las sustancias pécticas son ácidos pectínicos de alto peso molecular o polímeros compuestos principalmente de unidades de (1,4)- β -D-galacturonapiranosilo, con porciones variables de los grupos carboxilo esterificados, con alcohol metílico.

Específicamente, los ácidos pectínicos que tienen más de la mitad y hasta tres cuartas partes de los grupos esterificados en esa forma se denominan pectinas. La estructura de las pectinas

se encuentra conformada aproximadamente por unas 150 a 500 unidades de ácido (Gamboa, 2009). Se muestra la descripción de las sustancias pécticas, en la figura 10.

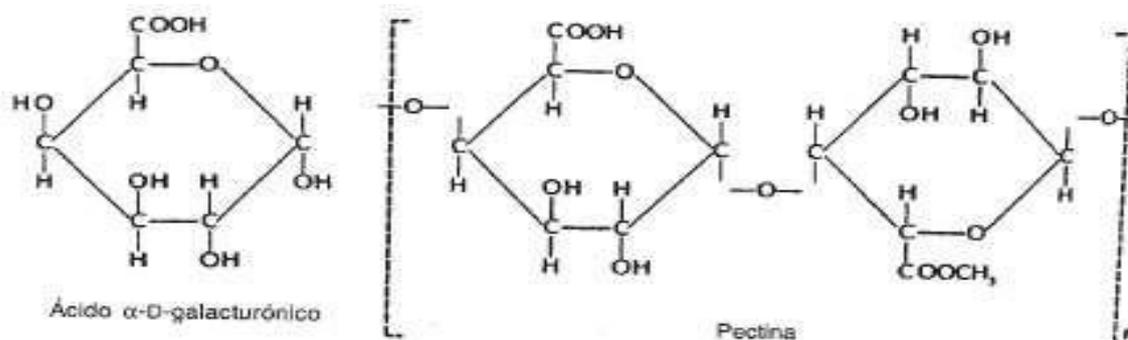


Figura 10: Estructura básica de las sustancias pécticas. (Fuente: Gamboa 2009).

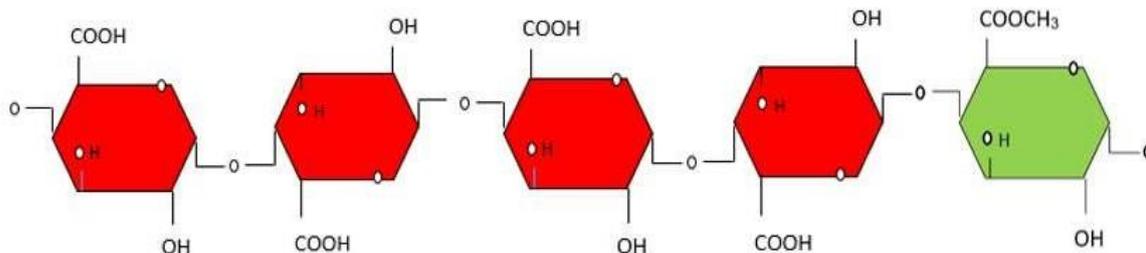
1.2.3. Clasificación de la pectina

1.2.3.1. Pectinas de bajo metoxilo (LM)

Este tipo de pectinas poseen la mayoría de los grupos carboxilo libres. Son aquellas en las cuales menos del 50% de los grupos hidroxilo están esterificados con metanol, se estima que solo del 20% al 40% de los grupos carboxilo están esterificados. Por lo tanto, la mayoría están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes como el calcio. En éste caso la formación del gel ocurre por la formación de enlaces entre los cationes con moléculas de pectina, formando una red tridimensional con los grupos carboxilo de ésta. Los geles se pueden obtener entre pH 1 a 7; el pH no afecta la textura del gel ni el intervalo de sólidos solubles, el cual puede fluctuar entre 0 y 80%, pero la presencia de calcio (40 a 100mg) es el factor predominante en la formación del gel (Suarez y Orosco, 2014). En la figura 11, se presenta las unidades del bajo metoxilo.

Figura 11: Pectina de bajo índice de metoxilo. (Fuente: Suárez y Orosco 2014).

1.2.3.2. Pectinas de alto metoxilo (HM)



Estas pectinas poseen la mayoría de los grupos carboxilos esterificados,

normalmente entre el 50% al 58%. Por lo tanto, la mayoría de grupos ácidos no están disponibles para formar enlaces cruzados con iones divalentes. Por lo tanto, estas pectinas no forman geles de esta manera. El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye mucho sobre sus propiedades, en particular, a mayor grado de esterificación, si mayor es la temperatura de gelificación, el valor de la gelificación será menor y si la temperatura es menor mayor será el grado de gelificación, realizando la medición en la muestra ya preparada.

Estas pectinas son capaces de formar geles en condiciones de pH entre 2,8 y 3,5 , además con un contenido de sólidos solubles (azúcar) entre 60% y 70%. Las pectinas de alto metoxilo pueden subdividirse en 2 grupos: las de gelificación rápida (Rapidset), o sea menor a 5 minutos con un grado de esterificación con metanol entre el 68 y el 75%. Y las de gelificación lenta (Slowset), es decir gelifican después de 5 minutos y tienen entre 60 y 68% de esterificación con metanol (Suarez y Orosco, 2014). En la figura 12 se muestra la pectina de alto metoxilo.

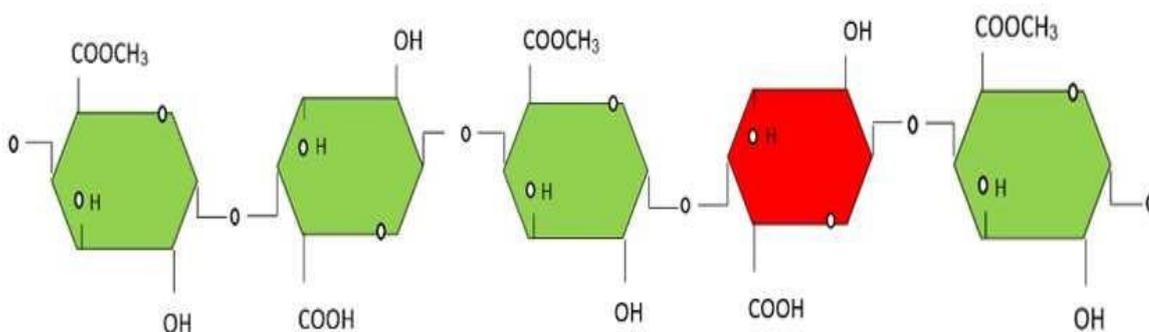


Figura 12: Pectina de alto índice de metoxilo (HM). (Fuente: Suarez y Orosco 2014).

1.2.3.3. Pectinas de bajo metoxilo amidadas

Son pectinas de bajo índice metoxilo, que se obtienen a partir de pectinas de alto metoxilo mediante una desesterificación alcalina en presencia de amoníaco, por tanto sus grupos metoxilo son sustituidos por una amida. Estas pectinas de bajo metoxilo se caracterizan en que no requieren para gelificar adición de calcio, es suficiente con el calcio presente en los frutos, además de que Forman geles termos reversibles (Suarez y Orosco, 2014). En la figura 13, se aprecia la imagen de la pectina amidada.

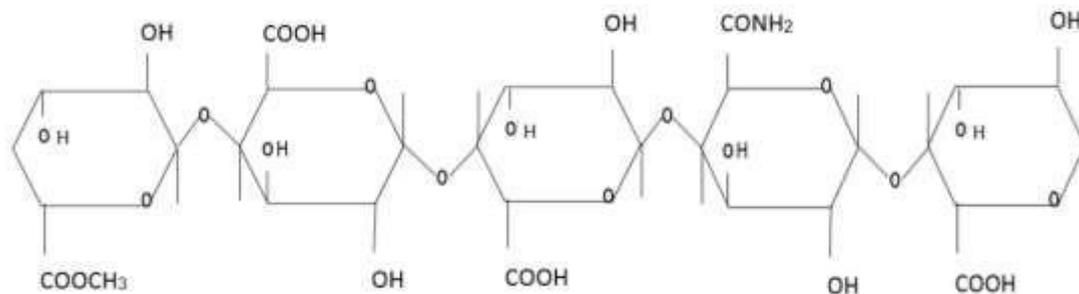


Figura 13. Pectina de bajo metoxilo amidada. (Fuente: Suarez y Orosco 2014).

1.2.4. Clasificación de las sustancias pécticas

Según Suarez y Orosco (2014), Las pectinas se pueden clasificar de acuerdo a las modificaciones que sufren en su cadena principal, sin embargo, el término de pectina puede aplicarse a: Protopectinas, ácidos pécticos, ácido pectínicos y pectina.

1.2.4.1. Protopectinas

Está constituida por una matriz de sustancias pécticas que por un proceso de hidrólisis da origen a la pectina o al ácido pectínicos, con el término de protopectina, se describen las sustancias pécticas que se encuentran en los tejidos vegetales y son insolubles en agua y de las cuales posteriormente se forman las sustancias pécticas solubles.

Las Protopectinas, extraíbles con soluciones alcalinas o ácidos diluidos en caliente, presentan una estructura de la molécula similar pero con un alto contenido de azúcares neutros, principalmente galactosa y arabinosa. La dificultad de la extracción de la protopectina puede ser debida a los puentes ácidos o básicos que anclan a la protopectina en la matriz de la pared. Gran parte de las cadenas de protopectina se encuentran en la pared primaria y secundaria, el resto se encuentra en la lámina media. Mientras que las pectinas solubles en agua y en quelantes derivan de la lámina media, Se caracterizan por tener todos los carboxilos esterificados y se hallan en mayor cantidad en los tejidos de los frutos no maduros o verdes.

1.2.4.2. Ácidos pectínicos

Son los ácidos poligalacturónicos coloidales que contienen una apreciable

proporción de grupos metil-éster. Estos ácidos, bajo condiciones adecuadas, son capaces de formar geles con azúcar y ácido, o si presentan un bajo contenido en metoxilo, con determinados iones metálicos. Las sales de los ácidos pectínicos se denominan pectinatos.

1.2.4.3. Pectinas

Son los ácidos pectínicos solubles en agua caliente, con un contenido medio de éster metílico y grado de neutralización. Su principal característica es la capacidad de formar geles en presencia de suficientes sólidos solubles, ácidos o iones polivalentes.

1.2.5. Propiedades fisicoquímicas de las sustancias pécticas

Como polímeros del ácido galacturónico, las pectinas tienen muchas propiedades físicas y químicas únicas, debidas principalmente al grupo carboxílico presente en las unidades de la cadena.

- a) **Solubilidad en agua:** Las pectinas son solubles en agua pura, insolubles en soluciones acuosas en las cuales podrían gelificar a la misma temperatura si antes se disolviera en una mayor temperatura. La pectina es generalmente insoluble en compuestos orgánicos. La experiencia ha demostrado que las pectinas se disuelven mejor en soluciones que no contienen más de 25% de sólidos solubles.

La solubilidad de una pectina será rápida cuando muestra un alto grado de dispersión, lo cual previene la formación de grumos, viscoso por fuera y secos por dentro, después de la adición de agua; por esta razón es recomendable que la pectina se mezcle antes con un poco de azúcar, o también con etanol o acetona antes de añadirle agua. La dispersabilidad de las partículas de pectina puede ser promovida por el revestimiento de una capa delgada de iones tales como aluminio, hierro, níquel, cromo y cobre.

La solubilidad de las pectinas en agua es determinada por el número de grupos metóxilos, su distribución y peso molecular. Generalmente aumenta con un mayor grado de metilación pero es inversamente proporcional al peso molecular, sin embargo, el pH, temperatura, tipo y concentración de sales presentes juegan un papel importante en la solubilidad.

- b) **Viscosidad:** Las soluciones de pectina exhiben un comportamiento de fluido no Newtoniano, pseudoplástico característico de la mayoría de polisacáridos. La viscosidad depende del grado de polimerización de la pectina, del pH de la solución, del

peso molecular, de la presencia de electrolitos, de la temperatura y de la concentración de la pectina.

El calcio y otros iones polivalentes incrementan la viscosidad de las soluciones de pectina y soluciones de pectina de bajo metoxilo (LM), pueden aún gelificar si el contenido de calcio excede un cierto límite. La viscosidad es una medida de la fricción interna del fluido, esto es, la resistencia a la deformación. La viscosidad es una manifestación del movimiento molecular dentro del fluido. Las moléculas de regiones con alta velocidad global chocan con las moléculas que se mueven con una velocidad global menor, y viceversa. Estos choques permiten transportar cantidad de movimiento de una región de fluido a otra.

La viscosidad depende de las fuerzas de cohesión y la rapidez de la transferencia de cantidad de movimiento entre moléculas. En un líquido las fuerzas de cohesión son más grandes que en un gas debido a que las moléculas. La viscosidad de los fluidos es la responsable de la disipación de energía en forma de calor en el flujo de los mismos. Son dos las causas que originan esa viscosidad: 1°) las fuerzas de cohesión existentes entre las moléculas, y 2°) el intercambio de cantidad de movimiento debido a la transferencia de moléculas de unos puntos a otros dentro de la fase fluida (Ramos, 2013).

La medición de la viscosidad es a menudo muy importante para el control de la calidad, sobre todo de productos que tienen una cierta consistencia o textura en relación a su aspecto como son las mermeladas, flanes, natas y yogurt. La viscosidad tiene importancia para la transferencia de calor, la estabilidad de las suspensiones y la textura de una sustancia o mezcla (Gabriel, 2010).

- **Viscosímetro de tubo capilar:** Determina el tiempo requerido para que un volumen dado de un líquido escurra, a través de un capilar, este se denomina viscosímetro de Ostwald. Debido que el tiempo depende tanto de la densidad como de la viscosidad del fluido, los viscosímetros capilares de flujo proporcionan una medida directa de la viscosidad cinemática (Gabriel, 2010).
- **Viscosímetro rotacional:** En estos un cilindro gira dentro del recipiente que contiene la dispersión y se mide el torque que depende directamente de la viscosidad. Produce datos en poises, es muy preciso, muy versátil y permite hacer estudios completos de líquidos no newtonianos (Gabriel, 2010). Para el ensayo, se utilizó el Viscosímetro Brookfield DV - III Ultra que es uno de los instrumentos

de gran alcance y más versátil. Combinando las características sofisticadas de un instrumento de prueba de viscosidad con una capacidad de la medida del esfuerzo de cedencia, le hacen el mejor reómetro del mercado de hoy, Posee un control opcional a través de un software.

- c) **Coagulación:** Los polisacáridos y otros polímeros solubles en agua, se coagulan por adición de compuestos orgánicos y sustancias inorgánicas, especialmente electrolitos. El fenómeno de coagulación de tales polímeros hidrofílicos está gobernado por muchos factores, tales como:
- La constitución del compuesto orgánico añadido.
 - Presencia, distribución y número de grupos disociados (peso equivalente), así como las características de estos grupos de formar complejos insolubles.
- d) **Hinchamiento:** La habilidad de los coloides hidrofílicos para incharse está fuertemente relacionada con la solubilidad. El grado de hinchamiento depende de la estructura de la red, del peso molecular, del grado de esterificación, de la presencia de cadenas laterales, del pH y de la presencia de sales en el medio circundante.

1.2.6. Caracterización química de la pectina.

La calidad de la pectina obtenida depende de la preparación de la materia prima hasta la obtención de la pectina, siendo necesario poner cuidadosamente en todos los procesos para su extracción, sólo esto garantizará que el producto a deberse tendrá una calidad satisfactoria. Se considera las siguientes pruebas:

- a) **Contenido de acetil:** La determinación de grupos acetiles más asociadas con pectinas de remolacha azucarera, debido a que el nivel de grupos acetil presente en pectina de manzana y cítricos es bajo y tiene poca influencia sobre la gelación. La presencia de acetil en algunos grupos hidroxilos de la pectina tiene un marcado efecto en la habilidad de gelificación. Se recomienda un contenido de acetilo de no más de 1%.
- b) **Contenido de ácido galacturónico:** El ácido galacturónico es la columna vertebral de la pectina, además es un parámetro importante. Sirve para definir la pureza del precipitado y comprobar que el producto es una pectina, puesto que este, es un polímero de ácido galacturónico. Si el contenido de ácido galacturónico ($C_6H_{10}O_7$) está por debajo de aprox 70% indica la presencia de ácido no urónico y si la pectina cítrica tiene más de 74% de ácido galacturónico es considerado de alta pureza.

- c) **Cenizas totales:** Según el Food Chemicals Codex, citado por Nizama (2015), la pectina no debe tener más de 10% de cenizas.
- d) **Humedad:** En el contenido de humedad es muy importante para cualquier alimento: Según FAO, Food Chemicals Codex, EEC, citado por Nizama (2015), la humedad máxima es el 12%, sólo así se puede asegurar su mejor conservación.
- e) **Calcio, Magnesio, Hierro:** Son considerados trazas pero en la categoría de nutritivos. FAO, Food Chemicals Codex, EEC, citado por Nizama (2015); solamente que deben encontrarse en pequeñas cantidades.
- f) **Porcentaje de metóxilos:** Los grupos carboxilos de una cadena de pectina se encuentran parcialmente esterificados por radicales metilos (O-CH₃). Una pectina completamente metoxilada alcanzaría un 16,32% de grupos metóxilos, pero hasta hoy no se ha logrado aislar una de este tipo. La importancia de la metilación, radica en su relación con la propiedad más importante de formar geles, aunque existen discrepancias sobre cuán realmente importante.
- g) **Grado de esterificación:** En la tabla 4, se muestra la relación del grado de esterificación y metoxilo, el grado de esterificación se refiere al porcentaje de grupos carboxil que son esterificados con metanol; este porcentaje puede ser calculado por determinación del contenido de metoxilo.

Tabla 4

Relación entre el grado de esterificación y metoxilo.

Grado de esterificación (%)	Contenido de metoxilo (%)
10	1,630
20	3,260
30	4,900
40	6,530
50	8,160
60	9,790
70	11,420
80	13,060
90	14,690
100	16,320

Fuente: Nizama (2015)

En la tabla 5, se observa las especificaciones oficiales de pectinas.

Tabla 5

Especificaciones oficiales de Pectina comercial.

CARACTERISTICAS	REFERENCIAS		
	FAO (1978)	FCC(1981)	EEC (1978)
Humedad	máx. 12%	máx.12%	máx 12%
Cenizas ácido insolubles	máx.1%	máx.1%	máx.1%
Cenizas totales	-	máx. 10%	-
Dióxido de sulfuro	máx. 50 mg/kg	-	máx. 50 mg/kg
Metil sulfato de sodio	-	máx. 0,1%	-
Metanol, etanol e isopropanol	máx.1%	-	máx. 1%
Contenido de nitrógeno pectina amidada	máx. 2,5 %	-	máx. 2,5%
Contenido de nitrógeno pectina	máx. 0,5%	-	máx. 0,5%
Ácido galacturónico	min 65%	min. 70%	min. 65%
Grado de amidación pectina amidada	máx. 25%	máx. 40%	máx. 25%
Grado de esterificación de pectina HM	-	min. 50%	-
Grado de esterificación de pectina LM	-	máx. 50%	-
Arsénico, ppm	máx. 3	máx. 3	máx. 3
Plomo, ppm	máx. 10	máx. 10	máx. 10
Cobre, ppm	máx. 50	-	-
Zinc, ppm	máx. 25	-	máx. 25
Cobre, Zinc, ppm	-	-	máx. 50
Metales pesados	-	máx. 40	-

FAO: Food and Agriculture Organization.

FCC: Food Chemicals Codex.

ECC: Environmental Export Council.

Fuente: Nizama (2015).

1.3. Liofilización

1.3.1. Fundamentos de la liofilización

La liofilización es una modalidad de secado que consiste en la eliminación del agua por sublimación de la misma. Se debe de trabajar a una presión y temperatura por debajo del punto triple del agua: $T < 0,0099^{\circ}\text{C}$ y $P < 610,5 \text{ Pa}$, si en estas condiciones se aporta el calor latente de sublimación correspondiente a unos $2,84 \text{ MJ/kg}$ el hielo se transforma directamente en vapor.

El proceso de liofilización consta de tres etapas:

- 1) Congelación previa, se separa el agua de los componentes hidratados del producto, por la formación de cristales de hielo o mezclas eutécticas.
- 2) Sublimación de los cristales formados, eliminando el agua del seno del producto, trabajando a presión y temperatura por debajo del punto triple y aportando el calor latente de sublimación, esta etapa está en el liofilizador.
- 3) Evaporación o desorción del agua que queda todavía adsorbida en el interior del producto. Es decir, una vez sublimado todo el hielo, todavía queda cierta agua retenida en el alimento, (agua ligada) para eliminarla se aumenta la temperatura del liofilizador manteniendo el vacío lo cual favorece su evaporación, o bien el producto es llevado a un secadero.
- 4) Durante la liofilización suceden dos procesos:
 - Transferencia de vapor de agua desde el frente de hielo a través de la capa seca hasta la zona calefactora por difusión.
 - Transmisión del calor desde la zona calefactora a la superficie del hielo a través de la capa seca o liofilizada por conducción.

Por lo tanto hay una transferencia simultánea de calor y de masa.

- Durante la etapa de liofilización coexisten dos capas bien diferenciadas en el producto sometido a secado.
- Una capa congelada y con toda el agua inicial presente, y otra ya deshidratada y separada de la anterior por la denominada superficie de sublimación del hielo. Esta superficie no está perfectamente definida, sino que es un frente difuso de sublimación. En la figura 14, se muestra la imagen que muestra la sublimación.

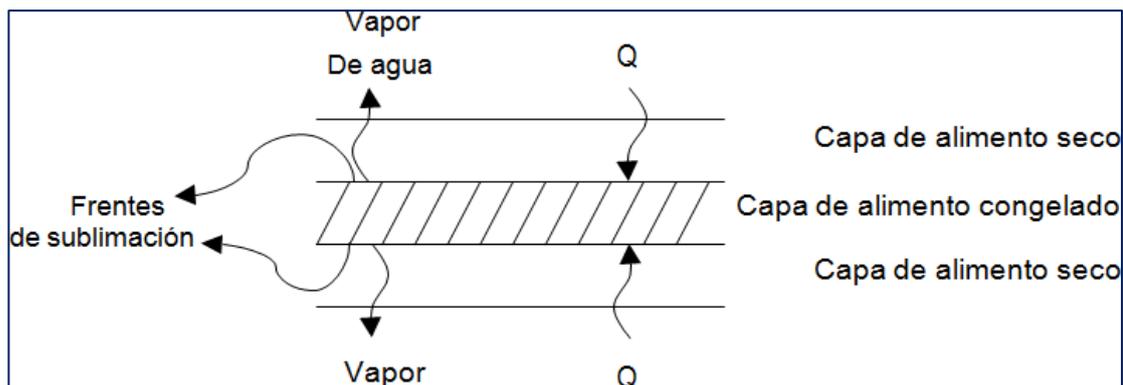


Figura 14: Pectina de bajo metoxilo amidada. (Fuente: Lazo 2014).

La velocidad de transferencia de vapor a través de la capa liofilizada cumple la ley de Darcy, es decir la velocidad de flujo es directamente proporcional a la caída de presión:

Donde:

$$\frac{dx}{dt} = b.A. \frac{(P_i - P_s)}{e} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 01$$

Dónde:

dx / dt : es el flujo másico de vapor a través de la capa seca (kg vapor/s)

b : es la permeabilidad de la capa de alimento seco con respecto al transporte de vapor ($\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}$),

P_i : es la presión de vapor en el frente de sublimación (Pa).

P_s : es la presión de vapor de agua en la superficie de la capa seca (Pa).

e : es el espesor de la capa seca (m).

A : es el área efectiva de sublimación (m^2).

Por otra parte la velocidad de transferencia de calor es:

Donde:

$$\frac{dQ}{dt} = K_d . A. \frac{(T_s - T_i)}{e} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 02$$

Dónde:

e : espesor de la capa seca (m)

K_d : conductividad térmica de la capa seca ($\text{J}/\text{s} \cdot \text{m} \cdot \text{K}$)

T_s : es la temperatura de la superficie de la capa seca ($^\circ\text{C}$)

T_i : es la temperatura del hielo en el frente de sublimación ($^\circ\text{C}$)

En condiciones de estado estacionario:

Dónde: $\left[\begin{array}{l} \text{Velocidad transmisión del} \\ \text{Calor por conducción} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{Velocidad transmisión} \\ \text{de vapor por difusión} \end{array} \right]$

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot \frac{dx}{dt} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 03$$

$$\frac{K_d \cdot A \cdot (T_s - T_i)}{dt} = \lambda \cdot \frac{A \cdot b \cdot (P_i - P_s)}{e} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 04$$

Obteniéndose una expresión que nos relaciona ambas fuerzas impulsoras:

$$K_d \cdot (T_s - T_i) = \lambda \cdot b \cdot (P_i - P_s) \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 05$$

En el caso de un sólido de forma plana que se liofiliza por una de las caras, suponiendo que el contenido de humedad de la capa seca es X_e (kg agua/kg sólido seco) y que el frente de hielo retrocede formando un plano uniforme, la velocidad de desecación dx/dt es:

$$-\frac{dx}{dt} = A \cdot \rho_s \cdot \frac{de}{dt} (X_o - X_e) \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 06$$

Donde:

ρ_s : es la densidad de sólido seco.

X_o : es el contenido inicial de humedad (base seca).

Por tanto resulta:

$$-\frac{dx}{dt} = A \cdot \rho_s \cdot (X_o - X_e) \cdot \frac{de}{dt} = \frac{K_d \cdot A \cdot (T_s - T_i)}{\lambda \cdot e} = \frac{A \cdot b \cdot (P_i - P_s)}{e} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 07$$

segunda y tercera ecuación:

$$t=0 \rightarrow e=0;$$

$$t=t \rightarrow e=e,$$

Obtenemos el tiempo de liofilización:

$$t = \frac{\lambda \cdot \rho_s \cdot (X_o - X_e) \cdot e^2}{2 \cdot K_d \cdot (T_s - T_i)} \quad \dots \text{Ecuación N}^\circ 08$$

Lazo (2014).

1.3.2. Fases de la liofilización

El proceso de secado por liofilización y propiamente, inicia con la fase 1, o etapa conductiva o de deshidratación primaria. Durante esta etapa el producto se calienta y aumenta rápidamente la sublimación hasta alcanzar un punto máximo.

La velocidad de extracción del agua es alta, debido a que la resistencia al transporte de calor desde la placa calefactora al material y al flujo másico de vapor sublimado al condensador es pequeña. Se remueve entre el 70 y el 90 % del agua y dura aproximadamente el 10 % del tiempo de liofilización.

La sublimación ocurre cuando se suministra la energía correspondiente al calor latente medido a la presión de vacío en la cámara de secado. Cuando comienza el calentamiento, empieza a formarse un frente de sublimación con interfase entre la capa seca congelada de la muestra el cual avanza progresivamente. El mecanismo preponderante el cual avanza progresivamente.

El preponderante es la transferencia de calor por conducción. La transferencia de masa ocurre por la migración de vapores a través de la capa seca de la muestra bajo la acción de una diferencia de presión; esta transferencia es alta cuando la diferencia de presión es grande. El vapor de agua generado en la interfase de sublimación se elimina a través de los poros (Lazo, 2014). En la Figura 15, se muestra las diferentes fases en la liofilización.

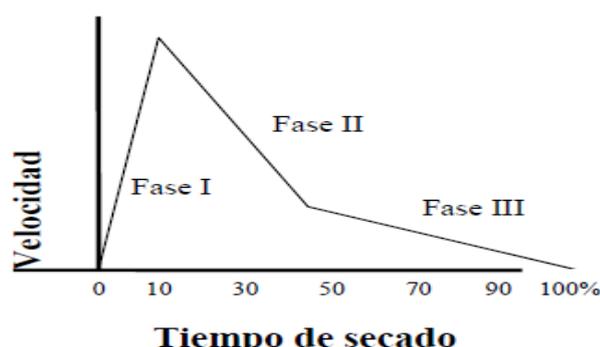


Figura 15: Diferentes fases de la liofilización. (Fuente: Ceballos, 2008).

Durante la segunda fase o primera etapa difusiva se presenta un descenso importante de velocidad de sublimación debido a la formación de una capa porosa de material seco que opone resistencia creciente al flujo de calor y al vapor. Mientras aumenta el espesor de la

capa seca crece la resistencia. Durante esta etapa, se reduce la difusión desde la interfase de sublimación hacia la superficie del producto. La tercera fase o segunda etapa difusiva, corresponde al periodo durante el cual se desorbe la humedad desde el interior del producto seco. La velocidad de sublimación es cada vez menor, hasta aproximarse a cero. Las fases difusivas corresponden a una evaporación a vacío; una vez que desaparece todo el hielo, el agua que queda en el producto queda como agua ligada, la cual se elimina manteniendo la misma presión de vacío que durante la sublimación, pero la temperatura del producto se eleva.

Esto se debe a que el calor necesario para retirar el agua ligada es más alto que el calor de sublimación. El tiempo de desorción es aproximadamente proporcional al cuadrado del espesor del producto. En la transferencia de calor y masa se combinan la acción de la temperatura y los gradientes de presión como fuerzas impulsoras, que deben vencer las resistencias generadas por el espesor de la muestra y sus características físicas. Mientras sea más delgado el espesor, menor es la resistencia para que el flujo de calor y al paso de masa a través de la muestra. Puesto que la difusividad de los aromas disminuye sensiblemente cuando la humedad es pequeña es posible incrementar la temperatura de calefacción y del producto sin que se deteriore (Orrego, 2003; citado por Ceballos, 2008). La máxima temperatura generalmente se fija con criterios de calidad del producto. Idealmente la temperatura de la superficie crece rápidamente hasta el nivel máximo permitido y es mantenida en este nivel por el intercambio de calor por radiación desde la placa. La temperatura de la capa de hielo está determinada por interacciones entre la temperatura de la superficie, la presión de la cámara (P_s) y propiedades de la capa seca como son la conductividad térmica (K_d) y la permeabilidad (b). Idealmente debería estar por debajo del punto de fusión eutéctico, el cual en algunos casos es de 27°C o más por debajo del punto de fusión.

1.4. Importancia y aplicación industrial de la pectina

1.4.1. Aplicaciones en la industria alimenticia

En el sector industrial, los polisacáridos pécticos promueven el aumento de la viscosidad, actúan como coloide protector y estabilizador en alimentos y bebidas. Las bebidas de bajas calorías son muy claras (de textura), por lo tanto no otorgan la adecuada sensibilidad a la boca, como los proporcionados por el azúcar en los refrescos

convencionales. La pectina permite mejorar la textura de tales productos, por ejemplo en las mermeladas y la gelatina, las pectinas amidadas de bajo metoxilo, proporcionan la textura y el punto de congelación adecuados.

En los sorbetes y helados, la pectina puede usarse para controlar el tamaño del cristal. La pectina de alto metoxilo preserva a los productos lácteos de la agregación de caseína cuando se calienta a valores de pH inferiores a 4.3. Este efecto se usa para estabilizar los yogurts líquidos que tienen un tratamiento ultra-calor (UHT) y también para mezclas de leche y zumos de fruta, a su vez estabiliza bebidas lácteas acidificadas con soja y productos basados en el trigo (Nizama, 2015).

1.4.2. Aplicaciones en la industria farmacéutica

Las pectinas de alto metoxilo asociadas a otros principios activos, tienen una gran utilización en los tratamientos de gastritis y úlceras, ya que al ser ingerida cubre las paredes estomacales de una especie de película más o menos gelificada, y la protege de hipersecreciones gástricas y biliares. Su acción en la pared intestinal es análoga; además, se añade una acción desintoxicante, debido al poder adsorbente de la macromolécula péctica, que permite la inhibición de toxinas (Nizama, 2015).

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

La etapa experimental del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional de San Martín ubicado en la Ciudad Universitaria, Distrito de Morales, Provincia de San Martín, Departamento de San Martín.

2.2. Materia prima

Las muestras de la cáscara de cacao de la variedad CCN-51, fueron obtenidos de la provincia de Mariscal Cáceres, específicamente del distrito de Pajarillo, de productores organizados pertenecientes a la Cooperativa Agraria Cacaotera ACOPAGRO.

Según la Municipalidad Distrital de Pajarillo año 2016; presentan las características agrometereológicas del distrito:

Características del tipo de suelo: Apto para la agricultura.

Tipo de suelo	: Limo, Arcilloso - Arenoso.
Salinidad	: 0,0060 Altitud (m.s.n.m.) : 271.
Latitud Sur	: 07° 10' 44".1
Latitud Oeste	: 76° 41' 17".
T° invierno	: 27,5 °C.
T° Verano	: 35,6°C – 36°C.
H°	: 12,80 % - 13,45%.
Precipitación anual	: 1000 y 1400 m.m.

Los resultados mostrados son valores promedios durante un año, las mayores precipitaciones en el distrito de pajarillo, se presentan entre los meses de Octubre, Septiembre, Abril, siendo marzo el mes con el valor más elevada de todo el año.

pH	: 5,5 – 6,5.
----	--------------

En la figura 16, se muestra la ubicación geográfica detallada.

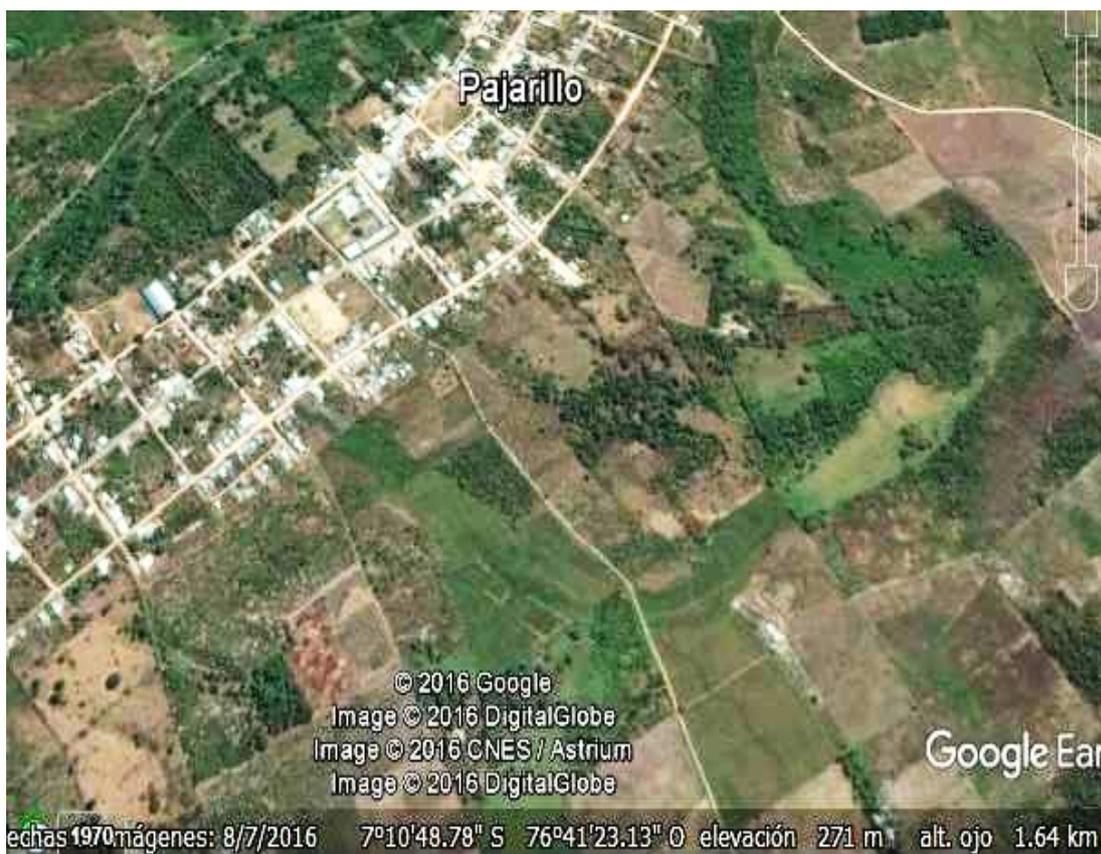


Figura 16: Ubicación geográfica del distrito. (Fuente: Google Eart, 2017).

2.3. Equipos, materiales y reactivos de laboratorio

2.3.1. Equipos del laboratorio

- Balanza analítica Marca AND 6H-200 g.
- Balanza Marca VIBRA SJP-4200 E.
- Reómetro Brookfield DV - III Ultra.
- Mufla Marca thermo Scientific-Cap 100-1500°C.
- Termómetro digital (BOECO, temperatura - 50 a + 70 °C).
- Refrigeradora-Congeladora SAMSUNG.
- Cocina eléctrica FICHER, temperatura máxima de 600 °C.
- Liofilizador LABCONCO, modelo 7934042. Capacidad 6 L.
- pH metro Marca Boego ger, modelo MHS – 420.

2.3.2. Materiales

- Pipeta digital de 5 ml.

- Matraz Erlenmeyer de 250 ml y 100 ml
- Vasos de precipitación de 1000 ml, 500 ml.
- Probeta de 100 ml
- Placas petri medianas de Ø 9 cm.
- Campana desecadora (Cap. 2 L aprox.).
- Papel aluminio.
- Guantes de Látex.
- Pinzas de metal.
- Taper de polietileno (Cap. 1,27 L).
- Cernidor de plástico (1 mm aprox.).
- Cuchillo de acero inoxidable.
- Moldes de plástico cuadrado de 1cm de espesor.
- Bolsas de plástico con cierre hermético Marca Ziploc.
- Tela tul.
- Crisoles.
- Cucharas de aluminio.
- Ollas de aluminio.
- Plumón indeleble permanente.
- Cinta maskintey.
- Bolsas de plásticos.
- Papel A4.

2.3.3. Reactivos de laboratorio

- Agua destilada.
- HCL 0,5 N y 0,25 N.
- Alcohol Isopropílico 85 % v/v.
- Ácido cítrico anhidro 99.8 % de pureza en polvo E330.
- NaOH al 0,1N y 0,5N
- Fenolftaleína al 1%.
- Rojo fenol al 1%.
- Etanol al 99.9 % de pureza.

2.4. Metodología

2.4.1. Extracción de pectina por el método convencional

Frecuentemente las pectinas se extraen y se separan de los desechos de diferentes frutas mediante la acidificación. Comercialmente las pectinas se extraen a altas temperaturas para hidrolizar la protopectina usando ácidos como el sulfúrico, fosfórico, nítrico, clorhídrico o cítrico.

Después de la concentración, la pectina se precipita con alcohol, se seca, se granula y finalmente se tamiza. Se ha encontrado que la extracción de pectina en soluciones acuosas ácidas es suficiente para extraer pectinas que no son sensibles al calcio. Se emplea además otra extracción bajo condiciones de ácidos fuertes para obtener la pectina restante, principalmente aquellas sensibles al calcio, Abzueta et al. (2012).

2.4.2. Método de preparación de la muestra.

La obtención y preparación de la muestra se preparó según el esquema tecnológico descrito por Gamboa (2009).

En La figura 17, se muestra el flujograma para la preparación de la muestra.

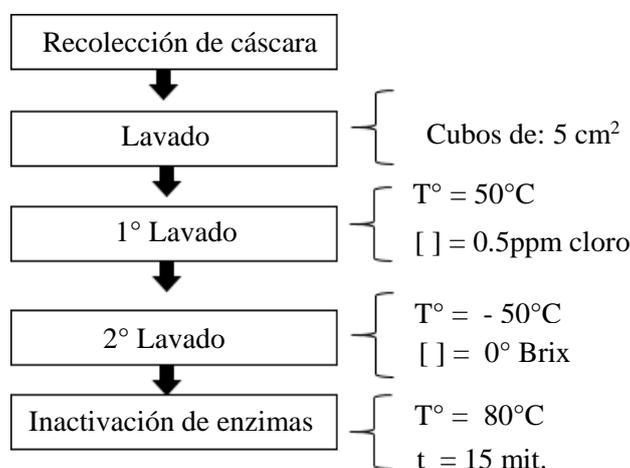


Figura 17: Diagrama de flujo general de preparación de la muestra. (Fuente: Gamboa, 2009).

2.4.2.1. Descripción del proceso de elaboración

- **Recolección de cáscaras:** Se seleccionó y recolectó las mejores cáscaras de cacao de la variedad CCN-51, sin daños físicos como golpes, fisuras y agrietaduras. El grado de madurez elegido fisiológicamente tiene las siguiente característica, presenta la

coloración rojiza con purpura en toda la dimensión de la cáscara y un color amarillento en los surcos profundos, que están listos para la cosecha. (Nizama, 2015).

- **Troceado:** Se realizó el troceado en 5cm², en una cubicadora manual en ella se depositaron la cáscara del cacao después de haber sido recolectada y lavadas para facilitar el lavado de la cáscara de la variedad CCN-51, teniendo como resultado un aumento del área superficial.
- **Primer lavado:** El primer lavado se dio a una temperatura de 50 °C más cloro (0.5 ppm), está garantizo que las muestras para ensayo se encontrara libres de suciedad, microorganismos, bacterias (levaduras y mohos) y otros. Este primer lavado se realiza en una bandeja de plástico de 10 L previamente limpia y desinfectada.
- **Segundo lavado:** El segundo lavado se realizó con agua destilada que fue el enjuagado de la muestra a una temperatura ambiente, dentro de una bandeja plástica de 10 L y después se procedió a medir el grado de los sólidos solubles con el refractómetro previamente encendido y desinfectado, se continuó lavando hasta llegar a los 0° Brix en la muestra y se luego se procedió a la inactivación de enzimas.
- **Inactivación de enzimas:** Se lavó nuevamente con agua destilada a unos 80°C por 15 minutos dentro de envase de 10 L, con la finalidad de inactivar las enzimas pectinesterasas que hidrolizan los grupos éster métilicos, liberando metanol y generando pectinas de menor grado de metoxilación; inactivando también las poligalacturonasas, que tienden a romper el enlace glucosídico entre moléculas galacturónicas, despolimerizando la cadena a fracciones más cortas, la inactivación evita que la muestra se madure mientras se realizan los diferentes ensayos experimentales para la obtención de pectina.

2.5. Metodología experimental

La preparación y obtención de pectina se muestra según el esquema tecnológico descrita por Gamboa (2009), previamente modificado que se describe en la figura 18.

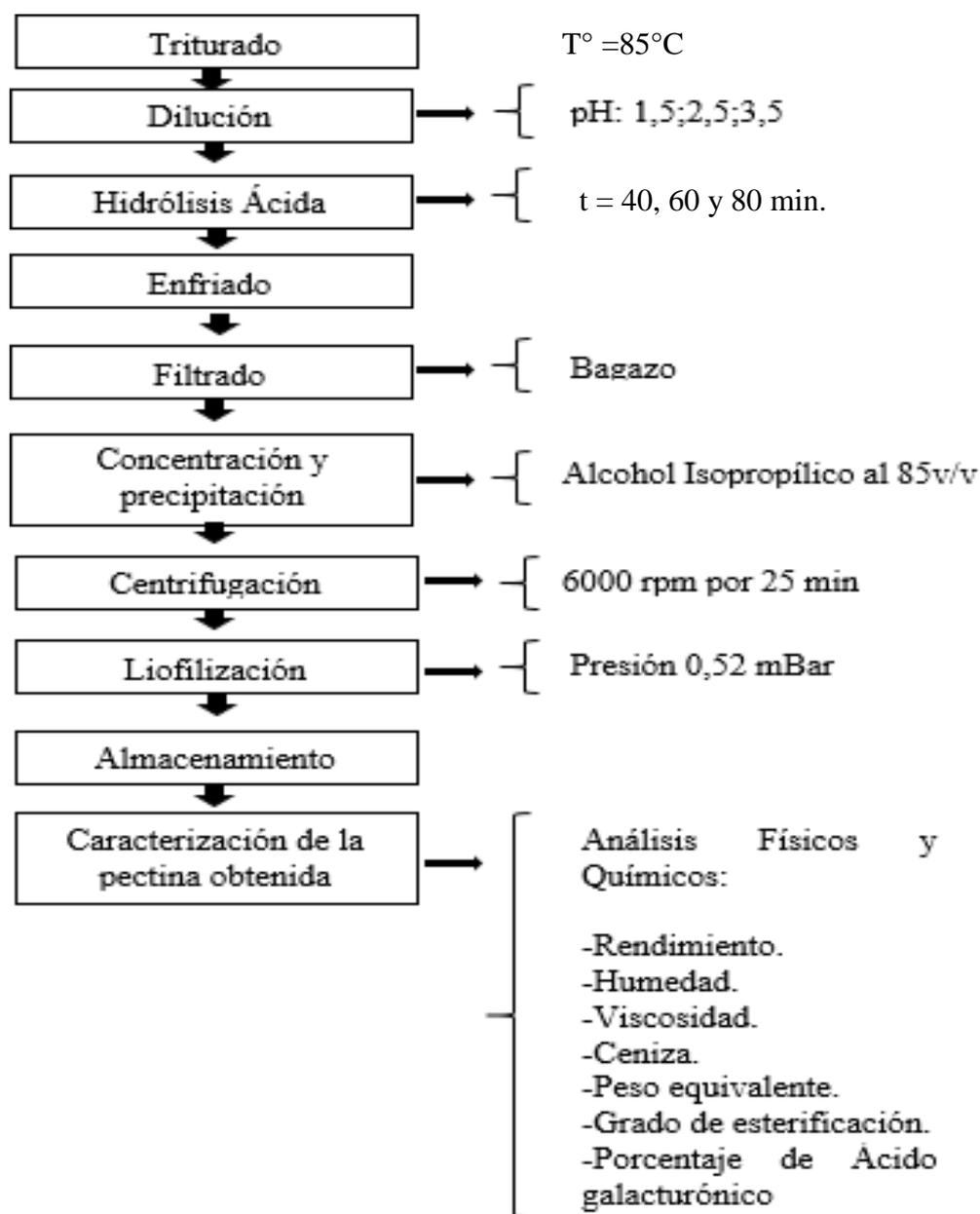


Figura 18: Proceso experimental de extracción de pectina. (Fuente: Gamboa, 2009).

2.5.1. Descripción del proceso de extracción de pectina

- a) **Triturado**: Se realizó en una licuadora industrial, se utilizó 13,500 kg de cáscara de cacao de la variedad CCN-51, fueron agregadas en pequeñas porciones de 1,5 kg a 2 kg de cáscara por 5 minutos de licuado, el nivel máximo, removiendo la parte no triturada en pequeñas porciones las veces que sean necesarias, mientras más pequeños sean, facilitan el proceso de extracción, luego se depositó en un envase para su uso posterior.

- b) Dilución:** La muestra fue diluida en una proporción de 1:3 con agua destilada (500g:1500ml), a las cuales se le adicionó ácido cítrico en polvo (E330) con agitación constante de acuerdo al pH establecido para cada tratamiento (1,5; 2,5; 3,5), las cuales pasarán a la hidrólisis ácida.
- c) Hidrólisis ácida:** A las muestras con (pH: 1,5; 2,5; 3,5), se sometió a hidrólisis ácida en caliente a 85°C en tres tiempos (40, 60, 80 min) con la ayuda de una cocinilla eléctrica con agitación constante.
- d) Enfriado:** Se dejó reposar durante 3 horas, hasta alcanzar una temperatura ambiente, en sus vasos de precipitado respectivos, donde fueron depositados.
- e) Filtrado:** Se realizó con un colador de malla fina y una tela de nombre tul, donde se logró separar el material sólido de la solución líquida.
- f) Concentración y precipitación de pectina:** A la solución líquida que se obtuvo en el paso anterior, se le agregó alcohol isopropílico al 85 % v/v en relación 1:1 y se dejó reposar por 3 horas aproximadas para que se formara el coágulo de las pectinas que son insolubles en alcohol.
- g) Centrifugación:** Después de haber realizado la precipitación, se procedió a la centrifugación a unos 6000 rpm por 25 minutos y se puso en sus respectivas placas petri, por cada muestra de pH diferentes, estando cada una debidamente rotuladas para luego registrar el peso de cada muestra y no exista confusión entre las demás muestras adquiridas.
- h) Liofilización:** Se realizó el proceso de liofilización, primero se colocó en unos moldes de figura cuadrada y se llevó a congelación a una temperatura de (- 20 °C) por 3 horas, después de ello desprendió de los moldes y se les ubicó en los envases del liofilizador y empezó el proceso, a una presión de 0,52 mBar y una Temperatura de colector – 82°C x 18h.
- i) Almacenamiento:** Una vez realizado el proceso de liofilización, se retiró los envases con las muestras secas transformadas en harinas, fue envasada en bolsas plásticas con cierre hermético y almacenado en un ambiente fresco y seco debidamente rotuladas.

2.5.2. Caracterización física y química

Para la caracterización de la pectina se consideró evaluar algunos parámetros físicos y químicos valorados por el Food Chemical Codex (FCC) para pectinas comerciales (JECFA, 1981), citado por Nizama (2015).

Con tal fin, se ejecutó los análisis de humedad, cenizas, peso equivalente, grado de esterificación, porcentaje de metóxilos, porcentaje de ácido galacturónico, rendimiento y Acidez libre de la pectina; por lo que la calidad de dichas pectinas se trató de definir relacionando con los valores de los parámetros evaluados.

2.5.2.1. Caracterización física de la pectina.

- **Rendimiento:** A las pectinas obtenidas, se procedió a determinar el rendimiento a cada pH (1,5; 2,5; 3,5) y tiempos de hidrolisis (40, 60, 80 minutos), para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de pectina} = \frac{\text{g de pectina obtenida}}{\text{cáscara}} \times 100$$

- **Humedad:** Se determinó por el método de estufa a presión atmosférica a 105 °C hasta un peso constante por espacio de 24 horas (A.O.A.C., 2000).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

- **Viscosidad en dilución:** Se realizó según el método descrito por Duran y Honores (2012). Los cuales se detallan a continuación:

Para el análisis de la viscosidad del gel formado mediante la utilización de la pectina obtenida, se preparó un jarabe de 250 ml de agua a 65° Brix (sacarosa) a un pH: 3,5 pectina dentro de los límites de 0.2 a 1.5%. Esta solución se la llevó al calor para la disolución de los azúcares, se dejó enfriar para que gelifique; una vez frío se determinó la viscosidad a la muestra utilizada en el Viscosímetro rotacional Brookfield; empleando el rotor o Spindle número 6.

Se analizó el comportamiento de la viscosidad en dilución, utilizando el viscosímetro rotacional Brookfield DV-III Ultra, que posee un control opcional a través de un software.

2.5.2.2. Caracterización química de la pectina.

- **Cenizas totales:** Se estimó según el método general descrito por Hart y Fisher, (1984).citado por Gamboa (2009), Para la determinación de cenizas totales se pesó 2 g de cada una de las muestras de pectinas obtenidas a cada uno de los valores de pH y tiempos de hidrólisis establecidos para el ensayo. La fuente de calor o mufla donde se realizó la incineración se reguló a 550 °C, hasta que las cenizas adquirieron un color blanco o grisáceo. El porcentaje de cenizas totales se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Cenizas totales} = \frac{\text{Peso de las cenizas}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

- **Peso equivalente (PE):** Aplicando el método de valoración ácido-base descrito por (Owens et al.1952), citado por Gamboa (2009), se determinó el peso equivalente de la pectina estudiada, al relacionar los miligramos del componente ácido (pectina) y los miliequivalentes de NaOH gastados en la valoración.

$$\text{Peso equivalente} = \frac{\text{mg de pectina}}{\text{meq Na OH}}$$

Se pesó 500 mg de pectina en un matraz de 250 mL, esta se humedeció con 5 mL de etanol absoluto; luego se adicionó un volumen de 100 mL de agua destilada y 6 gotas del indicador rojo fenol, se agitó y se tituló con NaOH 0.1 N, hasta que se logre el viraje de color amarillo a rojo, esta solución neutra se conservó para la determinación del metoxilo.

- **Acidez libre (AL):** La Acidez libre se determinó aplicando la formula, en la cual se relaciona los meq de NaOH consumidos (que representan los carboxilos libres presentes en la pectina) y el peso de la muestra (Gamboa 2009).

$$\text{Ácido Libre} = \frac{\text{meq Na OH}}{\text{g de la muestra}} \times 100$$

Se preparó la solución de 0,5 g de la pectina extraída, se le agregó 25 ml de agua destilada, se agregó 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador, luego se llenó una bureta con solución de NAOH al 0.1 N, después se procedió a mezclar la solución en una plancha de agitación unos 30 minutos y finalmente se tituló gota a gota con el NAOH a 0.1 N, cuando apareció el color rosa se cerró la llave de la bureta, para luego tomar la lectura del volumen gastado en la titulación.

- **Porcentaje de metoxilo (ME):** Se realizó según el método descrito por Owens y Mc Cready (1952), citado por Gamboa (2009). Los cuales se detallan a continuación:

Se utilizó con pH neutro que quedó de la valoración del Peso Equivalente, que continua con 500mg de pectina, se le agregó 12,5 ml de NaoH 0,25 N; al matraz que contiene la solución anterior, se agitó en la cocinita agitadora por 10 minutos y se dejó en reposo por 30 minutos, tapado y a temperatura ambiente. Se adicionó 12,5 ml de HCL 0,25 N; para luego proceder a la titulación con NaoH 0.1 N, hasta el punto final obteniéndose una coloración rojiza o a un pH 7,5; Por ser está una reacción reversible, no es necesario agregar más indicador.

$$\% \text{ Metoxilo} = \frac{\text{meq} * 31 * 100}{\text{mg componente ácido}}$$

❖ 31 es el peso molecular del Metoxílo.

- **Grado de esterificación (GE):** Se realizó según el método descrito por Owens y Mc Cready (1952), citado por Gamboa (2009).

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

Dónde los meq A equivalen a los miliequivalentes de NaOH gastados en la determinación de la acidez libre y meq B son los miliequivalentes de NaOH gastados en la determinación del contenido de metoxilo.

- **Contenido de ácido anhídrido galacturónico (AGA):** Su determinación se fundamentó en el método de valoración descrito Owens y Mc Cready (1952), citado por Gamboa (2009).

$$\% AGA = \frac{176 * 100 * (meq A + meq B)}{1000}$$

Donde 176 es el peso molecular del Ácido Anhídrido Galacturónico (AUA) expresado en mg/meq.

2.6. Diseño estadístico

Con el fin de estudiar simultáneamente los efectos de todos los factores de interés, recolectando toda información pertinente que se pueda obtener ante un determinado problema, el diseño estadístico que se utilizó durante la investigación es el Diseño Bloques Completo al Azar (DBCA) con arreglo factorial, con dos factores (pH y tiempo), con 3 niveles para el factor pH (pH: 1,5; 2,5; 3,5) y 3 niveles para el factor tiempo (t°) (40, 60, 80, minutos), con tres repeticiones, para todas las variables se realizó un análisis de varianza (ANVA); el objetivo es determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos y los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza este se sometió a la comparación de medias de TUKEY, con un nivel de significancia del 5%.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Características físicas del fruto cacao variedad CCN-51 (*Theobroma cacao* L.)

Las características físicas del fruto de cacao son presentadas en la tabla 6, que corresponden al promedio de 20 muestras, el grado de madurez utilizado tiene las características fisiológicas siguientes: coloración rojiza con purpura en toda la dimensión del fruto y un color amarillento en los surcos profundos, listo para la cosecha. El peso promedio de los frutos recolectados alcanzó 712,74 g. con pesos que varían desde 489,7 g (mínimos) a 855,9 g (máximos), peso de cáscara.

Tabla 6

Características físicas del fruto cacao de la variedad CCN-51.

Variables	Promedio	Unidades
Peso mazorcas	712,74	g
Peso cáscaras	506,52	g
Peso placentas	18,14	g
N° semillas	42,45	unidad
Peso semillas	185,08	g
Largo	22,07	cm
Ancho (Constricción basal)	7,41	cm
Ancho (Ápice)	7,38	cm
Espesor surco profundo	0,82	cm
Espesor surco superficial	1,49	cm

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos de los pesos promedios de la mazorca, cáscara, semillas, placenta, medidas de la mazorca en largo (cm), ancho (cm) y surco superficial, son ligeramente superior con lo reportado por Barazarte (2008), quien indica un peso promedio de 521,7g para la mazorca del cacao variedad IMC 67; peso de la cascara fue 369,3 g.; peso semillas 137,8 g. y peso placenta 15,8 g. longitud de la mazorca largo 18,3 cm; ancho 8,7 cm y espesor surco superficial 1,12. Pero superior para Nizama (2015), que reportó un peso promedio de 340,0 g pertenece a la variedad criollo, en su longitud largo 16,1 cm de largo; 8,3 cm de ancho.

Los resultados de la cáscara en su conjunto con la placenta presentó un 74,3% del peso del fruto, lo que indica una proporción alta de desechos, razón por la cual se afirma que el cacao es un producto que puede ser sub utilizado; se logró obtener un valor cercano con lo

reportado por Nizama (2015) señala que el 80% de proporción lo tiene la cáscara en el fruto de cacao, esta cantidad de desechos es la base para considerar a la actividad cacaotera como una posible fuente de materia prima para la obtención de sustancias pécticas. En la tabla 7, se observa el rendimiento de la mazorca del cacao.

Tabla 7

Rendimiento de la mazorca del cacao.

Rendimiento basado en 871.8 g		
	Cantidad (g)	Porcentaje (%)
Cáscaras	629,4	72,1
Semillas	224,6	25,7
Placenta	20,8	2,2
Total	871,8	100,00

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Muestras de pectina a diferentes condiciones de extracción

En la figura 19, se muestra los resultados del proceso de obtención de pectina a partir de las cáscaras de cacao variedad CCN-51.



Figura 19: Muestra de pectina a condiciones diferentes de extracción. (Fuente: Elaboración propia)

Muestra A: Pectina extraída de un pH=3,5 y t=80 min; se observa la muestra amarilla oscura, lo cual es aceptable para una pectina comercial.

Muestra B: Pectina extraída de un pH= 3,5 y t=60 min; se observa la muestra que no se diferencian con la muestra A, por lo tanto está dentro de las pectinas comercialmente aceptables.

Muestra C: Pectina extraída de un pH= 3,5 y t= 40 min; presenta un color amarillo mostaza claro lo cual es aceptable para una pectina comercial.

3.3. Rendimiento

En la tabla 8, muestra los valores de los porcentajes de cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, que van desde 1,6226% a 2,2058%. En la tabla puede notarse que se consiguieron mayores rendimientos de pectina seca en la extracción a pH 1,5; es decir, a un pH alto existe mayor volumen de pectina obtenida en gramos, considerando los tiempos de hidrolisis; los menores valores de pectina se obtuvo en los pH 2,5 y 3,5. El pH 3,5 obtuvo los valores más bajos en rendimiento.

Tabla 8

Rendimientos obtenidos de cada tratamiento.

pH	Tratamiento	Tiempo	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina obtenida (g)	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	9.2701	1.8540
			2	9.2609	1.8521
			3	9.2614	1.8522
	2	60	1	10.5423	2.1084
			2	10.5507	2.1101
			3	10.5476	2.1095
	3	80	1	11.0306	2.2061
			2	11.0286	2.2057
			3	11.0294	2.2058
2.5	4	40	1	8.3268	1.6653
			2	8.3252	1.6650
			3	8.3306	1.6661
	5	60	1	9.7306	1.9461
			2	9.7296	1.9459
			3	9.7311	1.9462
	6	80	1	10.1128	2.0225
			2	10.1158	2.0231
			3	10.1203	2.0240
3.5	7	40	1	8.1133	1.6226
			2	8.1143	1.6228
			3	8.1208	1.6241
	8	60	1	8.6534	1.7306
			2	8.6423	1.7284
			3	8.6607	1.7321
	9	80	1	9.0816	1.8163
			2	9.0827	1.8165
			3	9.0822	1.8164

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados analizados mediante el ANOVA del rendimiento (Anexo 5), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos del rendimiento, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,05.

Según la prueba de significación de Tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos del rendimiento, se detectaron significación (Anexo 6). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 20, en esta figura se observa gráficamente los promedios, indicando que el mejor comportamiento lo tiene el tratamiento 3, con un valor de 2,21%, esto se hizo comparando con cada uno de los valores de los demás tratamientos.

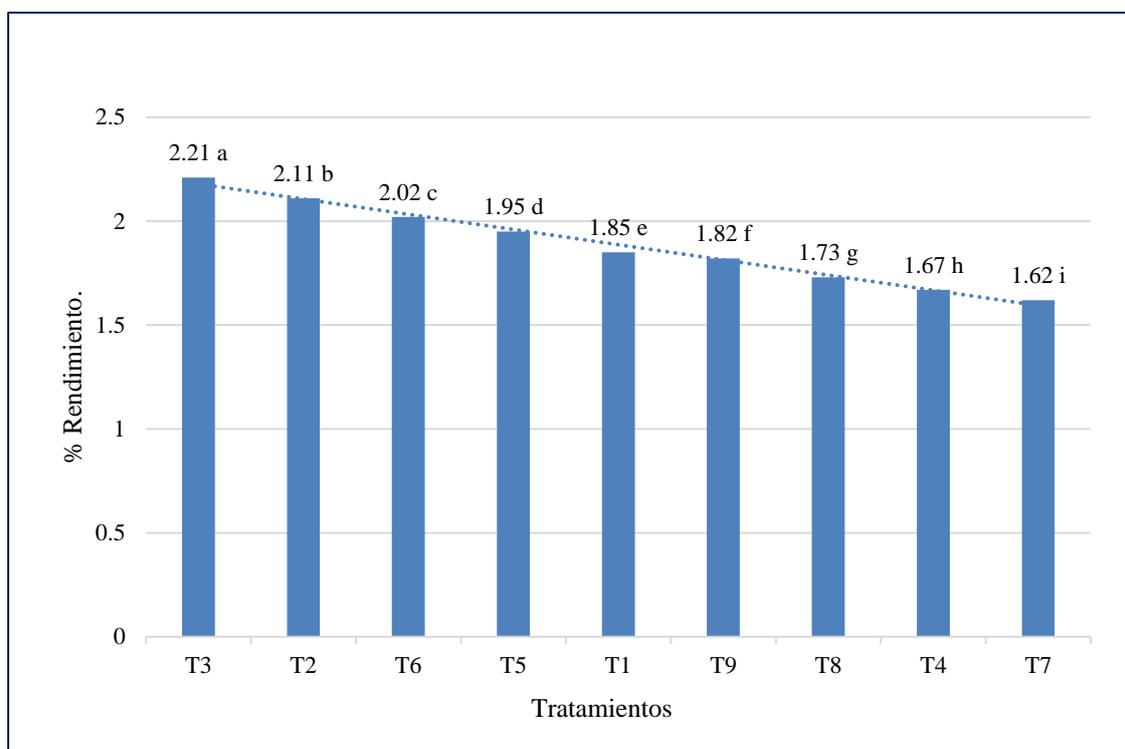


Figura 20. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de Rendimiento (%R) en la pectina extraída. (Fuente: Elaboración propia).

Los resultados obtenidos en rendimiento están comprendidos entre 1,62 % para el tratamiento 7 (PH=3,5; t=40 min) como mínimo y 2,21 % para el tratamiento 3(pH=1,5; t°=80 min) como el máximo resultado en base seca. Comparando con los resultados de los investigadores se logró obtener valores cercanos, Barazarte (2008), obtuvo un rendimiento

de 2,64% en la cáscara de cacao; Chan y Choo (2013), reportaron un rendimiento de 3,38% en la cáscara de cacao. El incremento del porcentaje de rendimiento presentado por Chan y Choo, se da porque ellos utilizaron un tiempo de 1,5 a 3,0 horas en la hidrólisis ácida; a pesar de un corto tiempo que se utilizó en esta investigación se logró obtener valores cercanos.

Cabarcas et al (2012) menciona que el máximo rendimiento de pectina en base seca es a pH 1,5 y tiempo de hidrólisis de 80 minutos, con una temperatura de 80°C; y un menor rendimiento a pH 3,0 a un tiempo de 60 minutos, con una temperatura de 60°C. Se corrobora toda esta información mencionada ya que también se utilizó los mismos factores de pH y tiempo en este estudio. Sin embargo Baltazar et al (2013), menciona que cuando el pH disminuye por debajo de 1 y disminuye la temperatura por debajo de 70°C, se origina el peligro de hidrólisis excesiva, creando en ella una saturación, además un pH muy bajo, realiza un gasto excesivo de ácido.

3.4. Humedad en base seca (HBS)

La humedad de la pectina después del secado por liofilización para cada repetición y para cada tratamiento se muestra en la tabla 11, con valores de porcentajes que van desde 7,8155% a 10,1264%.

En la tabla 9, se encuentran los resultados de los veintisiete ensayos realizados, en esta tabla aprecia las diferencias entre cada uno de los nueve tratamientos realizados.

El ANOVA del contenido de humedad (Anexo 10), determinó diferencias significativas entre los tratamientos, manifestando una correlación $R^2=0.99$; C.V.=0,66.

Según la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos de Humedad, se detectaron significación (Anexo 11). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 21, en esta figura se observa gráficamente los promedios de los tratamientos, indicando que el mejor comportamiento lo obtuvo el tratamiento 7 con un valor de 7,82%, esto se hizo comparando con cada uno de los valores.

Tabla 9

Humedad en base seca de cada tratamiento.

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina Obtenida (g)	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	5.0539	9.3690
			2	5.0870	9.4043
			3	5.0870	9.3434
	2	60	1	5.0092	9.8438
			2	5.0354	9.8798
			3	5.0625	9.7955
	3	80	1	5.2671	10.0940
			2	5.0920	10.1139
			3	5.2348	10.1264
2.5	4	40	1	5.0393	8.3702
			2	5.0827	8.3243
			3	5.0723	8.3137
	5	60	1	5.0335	8.7771
			2	5.0567	8.8180
			3	5.0135	8.7982
	6	80	1	5.0344	9.1589
			2	5.0236	9.0831
			3	5.0076	9.1480
3.5	7	40	1	5.0716	7.8239
			2	5.0911	7.8155
			3	5.0332	7.8319
	8	60	1	5.0332	8.3068
			2	5.0117	8.3145
			3	5.0224	8.0321
	9	80	1	5.0015	8.7713
			2	5.0899	8.7331
			3	5.0276	8.7815

Fuente: Elaboración propia.

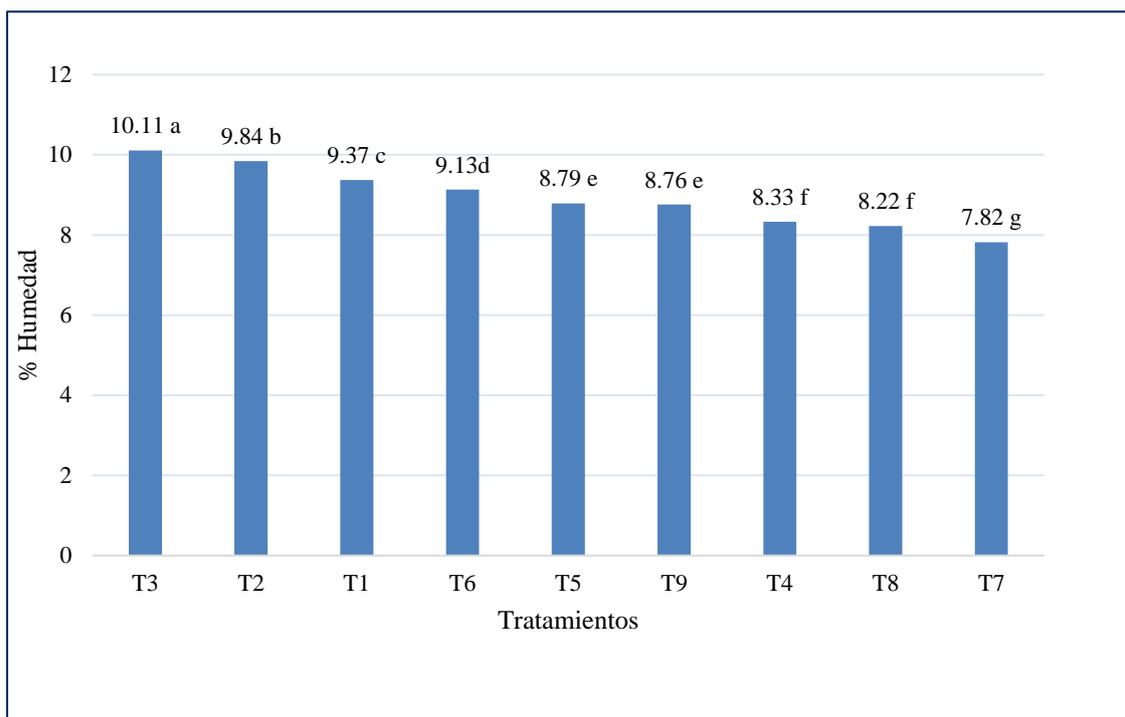


Figura 21. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de Humedad (%H) en la pectina extraída.

Estos valores que se obtuvieron después del secado, nos indica que se cumple con los valores de contenido de humedad exigidos por el Food Chemicals Codex (FCC), para pectinas comerciales (JECFA, 1981), citado por Nizama (2015); el cual establece valores de $\leq 12\%$ de pérdida de peso por secado.

Se obtuvo los resultados de 7,82% como mínimo y un 10,11% como máximo del contenido de humedad en base seca. Comparando con Nizama (2015) manifestó un valor promedio de 10,2% en la cáscara de cacao; Suárez y Orosco (2014) indicaron un valor de 12,69% en la cáscarilla de cacao; se logró obtener valores muy cercanos a los reportados. Mientras que Barazarte (2008) obtuvo el resultado de 4,60% en la cáscara de cacao. La diferencia existente se debe a las distintas condiciones de secado aplicados por el investigador.

En cuanto al pH utilizado, coincide con el criterio de Cabarcas et al (2012), donde menciona que el pH de extracción no afecta la proporción de agua presente en la pectina extraída.

3.4.1. Secado por el método del liofilizado

En el secado de pectina se realizó dos ensayos con respecto al espesor y el tiempo de liofilizado, el primero de los ensayos constó de 2,5 cm de ancho; 3,0 cm de largo y 2,5 cm de espesor con 27 horas de liofilizado, el segundo constó de 2,5 cm de ancho; 3,0 cm de largo y 1 cm de espesor con 18 horas de liofilizado, cada uno de los ensayos marcó su comienzo en el descenso del contenido de humedad y después mediante las horas distribuidas particularmente, hasta llegar a un peso constante.

En la figura 22, se muestran 2 ensayos, en la parte superior está el primer ensayo que consta de 2,5 cm de ancho; 3,0 cm de largo y 2,5 cm de espesor a una presión de 0,52 mBar y a una temperatura de colector de 82°C, se apreció claramente un descenso marcado por una coloración pardo claro a 3,5 horas de liofilizado, a las 24 horas llegó a un 15% de humedad y a las 27 horas llegó a un 11% de humedad. Teniendo en cuenta que el espesor juega un papel importante decidí realizar el segundo ensayo que constó de 2,5 cm de ancho; 3,0 cm de largo y 1 cm de espesor a la misma presión y misma temperatura de colector; donde se apreció a las 2 primeras horas de iniciado el proceso de liofilización el cambio de color de un pardo oscuro a un pardo claro, al transcurrir 16 horas se obtuvo un 13% de humedad pero al aumentar 2 horas más el valor fue de 9,58% de humedad, haciendo un total de 18 horas estos valores se puede apreciar en la parte inferior de la figura 22.

Como pudimos observar la diferencia entre estos dos ensayos, la segunda tiene un comportamiento más acelerado en la pérdida de humedad con respecto a un determinado tiempo ya que el espesor es mínimo de 1cm en comparación con el espesor de 2,5 cm, resultado que concuerda con lo mencionado por Pino (2003) que el espesor es importante: mientras más delgado es, hay menor resistencia para que el flujo de calor y masa pase a través de la muestra para eliminar el agua presente, por lo cual los alimentos de menor espesor permiten que se elimine la mayor cantidad de agua posible. Y así mismo lo mencionado por Parzanese (2008) se cumple, quien dice que a un menor espesor la superficie en contacto es propenso a un mejor congelado y por ende al proceso de sublimación es más eficiente. En comparación con los resultados de los 2 ensayos se optó por el ensayo de menor espesor ya que con ella obtenemos buenos resultados en el contenido de humedad y menos tiempo en el proceso de liofilización, además de ahorrar en energía. En este estudio el resultado de los atributos sensoriales como el olor, color y apariencia obtuvo un muy buen resultado ya que los tres atributos no sufrieron ninguna alteración, fue

todo lo contrario la pectina obtenida tubo un cambio de color pardo oscuro al inicio del liofilizado a pardo claro al finalizar el proceso de liofilización, Lazo (2015) manifiesta que su mejor resultado del contenido de humedad, fue a un espesor de 0,5 cm y 14 horas de liofilizado para el secado de la pulpa del camu camu, una características importantes del liofilizador es mantener en mejor estado a los atributos de la evaluación sensorial como olor, color y apariencia.

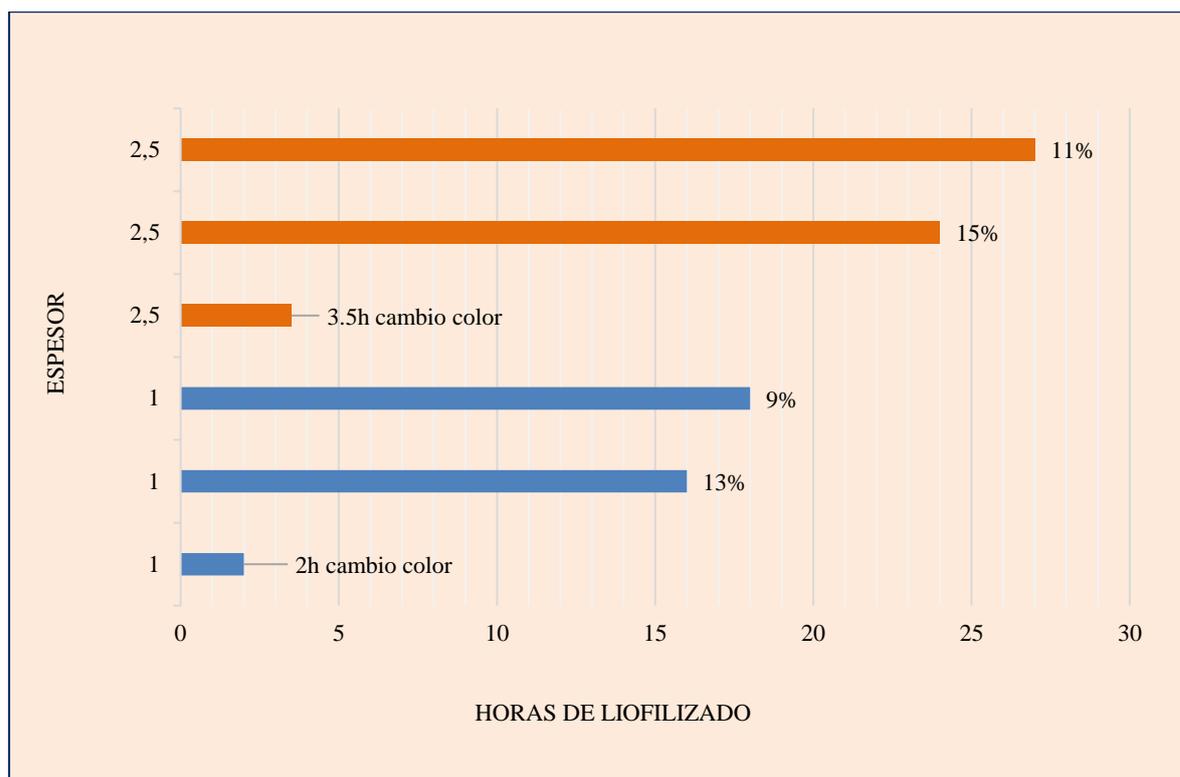


Figura 22. Influencia de los espesores con respecto al tiempo en el secado. (Fuente: Elaboración propia).

3.5. Viscosidad en dilución

La viscosidad de la pectina, depende de la calidad de la misma y de la fruta o vegetal del cual se obtiene, de acuerdo a esto, puede presentar valores de viscosidad altos o bajos. Las pectinas de más alta viscosidad suelen emplearse en la elaboración de mermeladas.

Los resultados de viscosidad fluctúan entre los valores que van desde 104.7 cP y 170.0 cP, estos resultados se pueden apreciar en la tabla 10.

Tabla 10

Viscosidad en dilución

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Resultados			
			RPM	T°	Tiempo (min)	Viscosidad
1.5	1	40	25	30°C	3	123.0
			50	30°C	3	120.0
			100	30°C	3	113.0
	2	60	25	30°C	3	120.0
			50	30°C	3	110.0
			100	30°C	3	110.0
	3	80	25	30°C	3	115.0
			50	30°C	3	109.0
			100	30°C	3	104.7
2.5	4	40	25	30°C	3	150.0
			50	30°C	3	146.7
			100	30°C	3	141.0
	5	60	25	30°C	3	140.0
			50	30°C	3	130.0
			100	30°C	3	124.1
	6	80	25	30°C	3	130.0
			50	30°C	3	123.6
			100	30°C	3	120.0
3.5	7	40	25	30°C	3	170.0
			50	30°C	3	160.0
			100	30°C	3	160.0
	8	60	25	30°C	3	155.3
			50	30°C	3	150.0
			100	30°C	3	150.0
	9	80	25	30°C	3	147.0
			50	30°C	3	135.6
			100	30°C	3	130.0

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados analizados mediante el ANOVA de la Viscosidad en dilución (Anexo 15), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 1,7. En este análisis el mayor contenido de viscosidad fue en un pH=3,5 y los valores menores se consiguió a un pH=2,5 y 1,5.

Al realizar la prueba de media de Tuckey al 5% de significancia a cada uno de los tratamientos

se determinó significación (Anexo 16). Esto nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos de la viscosidad, esto se muestra en la figura 23. En esta figura se observa que están ordenados de acuerdo al nivel de viscosidad de mayor a menor, se encontró que el mejor resultado lo tiene el tratamiento 7, porque tiene un nivel de viscosidad mayor.

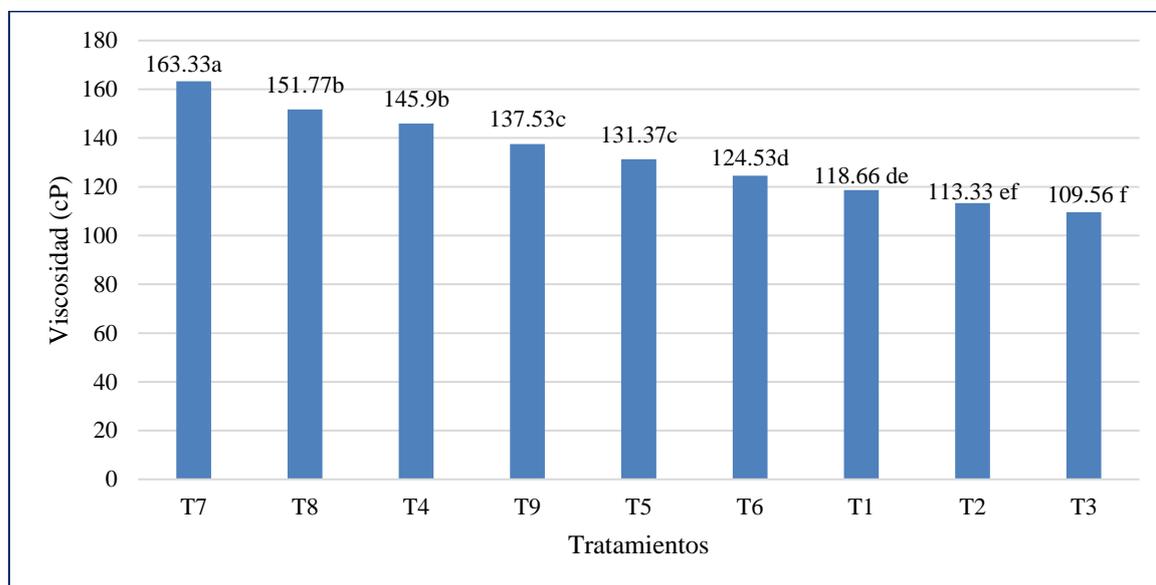


Figura 23. Comparación de los promedios en Tukey de los tratamientos en Viscosidad en dilución.

La viscosidad obtenida en dilución fluctúa entre los valores de 109,56 cP como mínimo y un 163,33 cP como máximo, fue inferior a lo reportado por Duran y Honores (2012) pectina obtenida de cáscaras de maracuyá con un valor de 219,7 cP y lo reportado por Grünauer (2009) con pectina obtenida con cáscara de naranja con un resultado de 181,3 cP y con pectina comercial marca Merk de 186,4 cP; citado por Grünauer.

Los valores más altos de viscosidad se encontraron a un nivel de pH de 3,5 y un tiempo de hidrólisis de 40 minutos, mientras que a 80 minutos se generaron los valores más bajos de viscosidad. Por tanto se deduce que el aumento de tiempo de hidrólisis con un pH constante y la intervención de la temperatura, origina una menor viscosidad, La causa puede atribuirse a la fuerza del ácido empleado a un largo tiempo tiene más influencia en la ruptura de metoxilo que a un tiempo corto. Concordante con Barazarte (2008). Que manifiesta que las concentraciones altas de H^+ y pHs menor a 1,0 con temperaturas altas $100^{\circ}C$, originan mayor ruptura de los enlaces entre las diferentes moléculas presentes en las células mucilaginosas, causando disminución del peso molecular de las mismas y con ello la disminución de la viscosidad y de las propiedades de adherencia y pegajosidad.

Los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con los datos del metoxilo, confirmando lo reportado por Grünauer (2009) menciona que mientras más metoxilo se encuentra en una pectina, más será el contenido de viscosidad, esto varía dependiendo de la fuente de origen y de las condiciones de extracción, mientras que el ácido galacturónico solo aumenta el tamaño molecular.

3.6. Cenizas totales

El valor de las cenizas se encuentra en la tabla 11, con valores que van desde 7,4141% a 9.7941 para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

Tabla 11
Ceniza con sus nueve tratamientos.

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina obtenida (g)	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	2.0826	8.8303
			2	2.0501	8.8581
			3	2.0320	8.8238
	2	60	1	2.0611	9.2329
			2	2.0211	9.2177
			3	2.0543	9.2732
	3	80	1	2.0326	9.7805
			2	2.0144	9.7641
			3	2.0221	9.7621
2.5	4	40	1	2.0428	8.2093
			2	2.0691	8.2161
			3	2.0536	8.2391
	5	60	1	2.0258	8.4707
			2	2.0318	8.4949
			3	2.0326	8.4128
	6	80	1	2.0883	8.6050
			2	2.0115	8.6651
			3	2.0632	8.6467
3.5	7	40	1	2.0218	7.4141
			2	2.0277	7.4074
			3	2.0553	7.4490
	8	60	1	2.0232	7.7797
			2	2.0331	7.7664
			3	2.0246	7.7348
	9	80	1	2.0236	8.1043
			2	2.0253	8.0975
			3	2.0182	8.0778

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados analizados mediante el ANOVA en cenizas (Anexo 20), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,30. En este análisis el mejor valor se obtuvo a un pH=3,5 con un tiempo de 40 minutos.

Según la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos de Cenizas, se detectaron significación (Anexo 21). Lo que nos indica que hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 25.

La gráfica que está conformada por los nueve tratamientos y estos están ordenados de mayor a menor valor, indicando que el mejor resultado lo obtuvo el tratamiento 7 con un valor de 7,42%, seguidamente de tratamiento T8, T9 consecuentemente, en la figura 24.

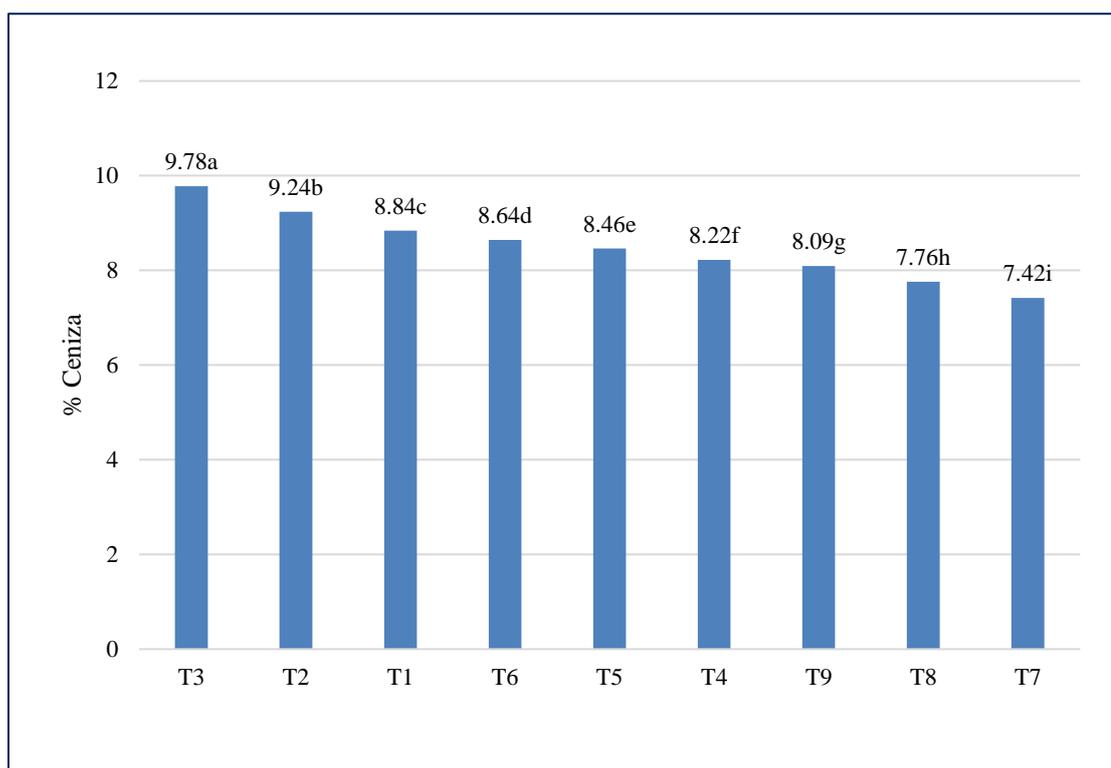


Figura 24. Comparación de los promedios en Tukey de los tratamientos en Ceniza. (Fuente: Elaboración propia).

Estos valores que se obtuvieron en la determinación de cenizas, comparando con el rango establecido por el Food Chemical Codex (FCC) para pectinas comerciales (JECFA, 1981), citado por Nizama (2015); el valor está en un $\leq 10\%$, este valor límite a simple vista nos

indica que la pectina extraída de la cáscara de cacao está dentro del rango establecido.

Los resultados de este análisis que está comprendida en un rango de 7,42% para el tratamiento 7 (ph=3,5; t° 40 min) como mínimo y 9,76% para el tratamiento 3 (ph=1,5; t° 80 min) como el máximo valor en base seca, se obtuvo valores muy cercanos al compararlo con Nizama (2015), Que reportó un valor de 7,7%, en la cáscara de cacao, mientras que Suarez y Orosco (2014), indicaron un valor alto en cenizas en la cáscarilla de cacao 15,04%. Si los resultados en cenizas pasan el valor establecido por el FCC coincido con lo mencionado por Suarez y Orosco (2014), Que señalan que los valores altos en cenizas tienen minerales como Potasio, Sodio, entre otros; los cuales deben ser cualificados y cuantificado por absorción atómica.

Cuando se determinó el análisis de cenizas los resultados obtenidos fueron valores altos, casi rosando el valor establecido por el FCC en impurezas, esto puede deberse a que no se realizó el proceso de clarificación en la extracción de pectina, este criterio coincide con lo mencionado por Duran y honores (2012), Que las cenizas es la cantidad de materia inorgánicas presentes en la muestra o bien incluidas durante el precipitado, señalan que se debe realizar el proceso de clarificación de la pectina, por lo que se considera que este factor podría afectar aumentando el contenido de cenizas (%C).

De igual manera coincido lo manifestado por Sangronis et al (2014), Que realizó un estudio previo a la cáscara de cacao y reportó valores de fibra dietética en un 70%, en el contenido de minerales no detectó la presencia de Zinc, pero si un alto contenido de potasio, una posible causa seria la utilización de fertilizantes, los cuales proveen potasio, en forma de óxido de potasio, oxido de fósforo y deutóxido de fósforo y de nitrógeno.

3.7. Peso equivalente

En la tabla 12, se muestran los valores del peso equivalente para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones, que van desde 1470.58 (mg/meq) a 2173.91 (mg/meq)

Tabla 12

Peso equivalente (mg/meq).

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina obtenida (g)	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	0.300	166.66
			2	0.305	1839.34
			3	0.307	1628.66
	2	60	1	0.320	1562.50
			2	0.330	1514.15
			3	0.320	1562.50
	3	80	1	0.340	1470.58
			2	0.340	1470.58
			3	0.340	1470.58
2.5	4	40	1	0.260	1923.07
			2	0.262	1908.39
			3	0.260	1923.07
	5	60	1	0.270	1851.85
			2	0.271	1845.01
			3	0.272	1838.23
	6	80	1	0.280	1785.71
			2	0.280	1785.71
			3	0.282	1773.04
3.5	7	40	1	0.230	2173.91
			2	0.232	2155.17
			3	0.231	2164.50
	8	60	1	0.240	2083.33
			2	0.241	2074.68
			3	0.240	2083.33
	9	80	1	0.250	2000.00
			2	0.250	2000.00
			3	0.252	1984.13

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 12, puede notarse que se consiguieron mayores resultados de peso equivalente a un pH=3,5; es decir a un pH alto (menor acidez) mayor es el resultado y los valores mínimos se encuentran entre los 2,5 y 1,5 de pH, estos tres niveles mencionados presentaron diferentes valores.

Según los resultados analizados mediante el ANOVA (Anexo 25), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos del Peso Equivalente, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,63.

Según la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos del peso equivalente, se detectaron significación (Anexo 26). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 25.

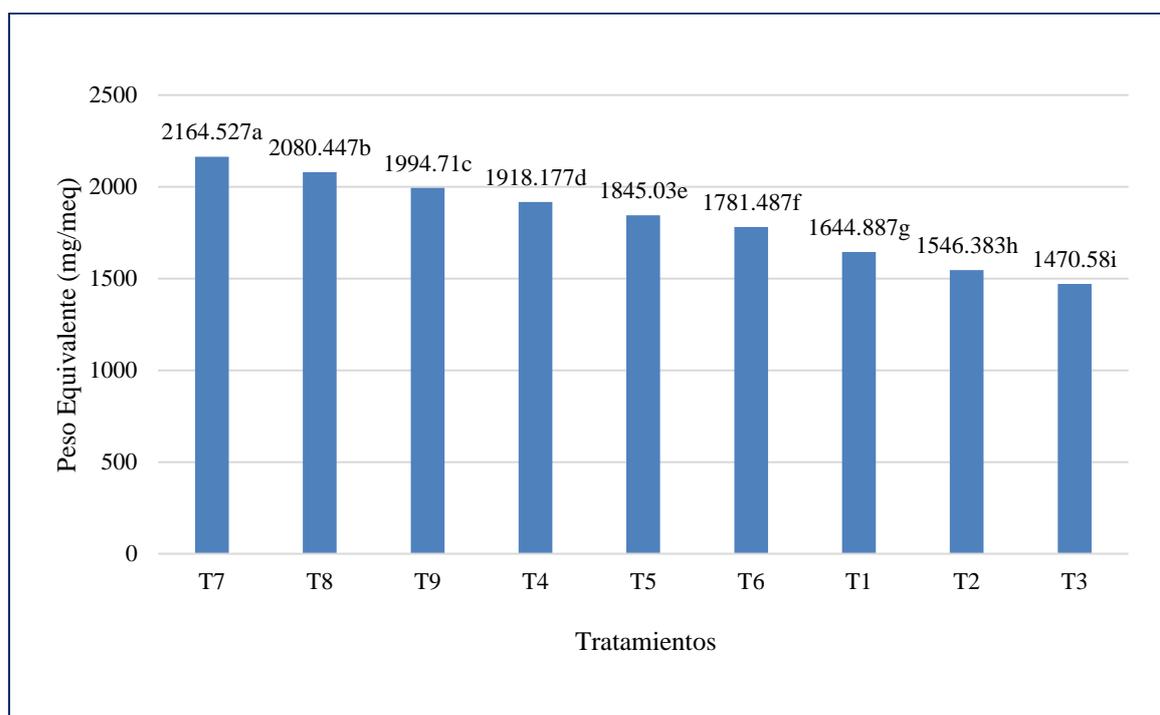


Figura 25. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del Peso equivalente (mg/meq). (Fuente: Elaboración propia).

Los resultados de este análisis está comprendida en un rango de 1470,58 mg/meq para el tratamiento 3 (pH=1,5; t°80 min) como el valor mínimo y 2164,53 mg/meq el tratamiento 7 (pH=3,5; t°40 min) como el valor máximo, fue inferior a lo reportado por Suarez y Orosco (2014), Que reportaron 1997,62 mg/meq como mínimo y 5124,75 mg/meq como máximo

en la cáscarilla del cacao y lo reportado por Barazarte (2008), encontró los resultados de 3854,70 mg/meq y 4492,40 mg/meq en la cáscara de cacao.

Estos valores que se obtuvieron en la determinación del peso equivalente tienen relación con los resultados del porcentaje de metoxilo, esto concuerda con Barazarte (2008), Que resalta que el peso equivalente está relacionado con el grado de esterificación y el contenido de metoxilo, donde valores de pesos equivalentes altos concuerdan con pectinas de carácter menos ácidas y poseen valores altos de contenido de metoxilo y/o grado de esterificación y valores bajos de pesos equivalentes indican valores bajos de contenido de metoxilo y grado de esterificación.

De igual manera se cumple la información mencionada por Arellano y Hernández (2013), Menciona que el peso equivalente es uno de los parámetros más importantes que confiere a la pectina la característica de formar geles, ya que está condiciona su rigidez o firmeza, a mayor peso equivalente mayor será la fuerza del gel, debido esto a la relación existente con el ácido galacturónico en la molécula.

En este trabajo de investigación sobre la cáscara del cacao variedad CCN-51, se utilizó la cáscara en un estado maduro que afecta a la cantidad de pesos equivalentes. Este criterio coincide con lo mencionado por Gamboa (2009) manifiesta que el peso equivalente está asociado con la cantidad de grupos carboxilos libres (Acidez Libre) que conforman la cadena de pectina y que los mismos aumentan con el estado de maduración de la fruta (Acidez Libre).

3.8. Acidez libre

En los resultados obtenidos en Acidez libre de la pectina extraída de la cáscara de cacao, se encuentran con valores de 0,50 como mínimo y 0,6620 como máximo (meq de carboxilos libres/g), esto se encuentra en la tabla 13.

Tabla 13
Acidez libre

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina obtenida (g)	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	0.310	0.6200
			2	0.310	0.6200
			3	0.311	0.6222
	2	60	1	0.320	0.6400
			2	0.321	0.6420
			3	0.322	0.6440
	3	80	1	0.330	0.6600
			2	0.330	0.6600
			3	0.331	0.6620
2.5	4	40	1	0.280	0.560
			2	0.281	0.562
			3	0.282	0.564
	5	60	1	0.290	0.580
			2	0.292	0.584
			3	0.290	0.580
	6	80	1	0.300	0.600
			2	0.302	0.620
			3	0.300	0.600
3.5	7	40	1	0.250	0.500
			2	0.253	0.506
			3	0.252	0.504
	8	60	1	0.260	0.520
			2	0.261	0.522
			3	0.262	0.524
	9	80	1	0.270	0.540
			2	0.271	0.544
			3	0.272	0.542

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados analizados mediante el ANOVA (Anexo 30), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de Acidez libre, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,05. Según la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos de la Acidez libre, se detectaron significación (Anexo 31). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 26.

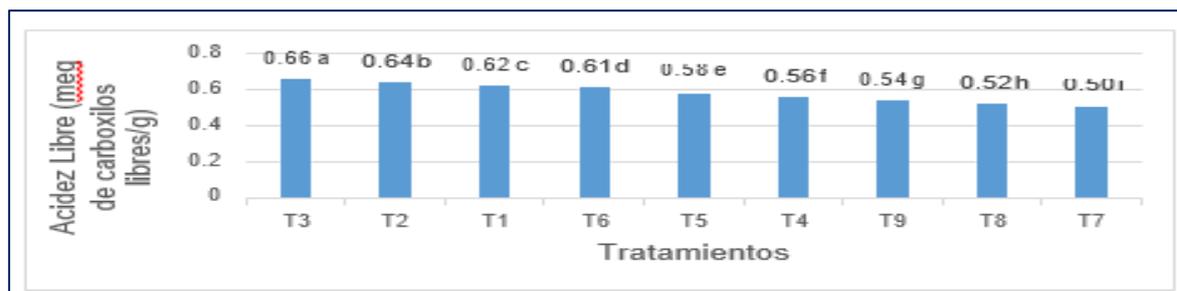


Figura 26. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos de Acidez libre (meq de carboxilos libres/g). (Fuente: Elaboración propia).

En esta figura se observa que están ordenados de acuerdo al nivel de Acidez libre de mayor a menor, al comparar con cada uno de los resultados el mejor tratamiento 7, porque tiene un nivel de acidez menor.

Los resultados de este análisis que está comprendida en un rango de 0,50 para el tratamiento 7 (pH=3,5; t=40 min) como mínimo y 0,66 (meq de carboxilos libres/g) para el tratamiento 3 (pH=1,5; t=80 min) como el máximo valor, se obtuvo valores cercanos al compararlo con Suarez y Orosco (2014), Reportaron sus valores de 0,2 y 0,5 meq carboxilo libre/g en la cascarilla de cacao. Mientras que Cabarcas et al (2012), Reporta en su trabajo de investigación que se encontró los valores de 1,48 y 1,96 meq carboxilo libre/g en la cáscara de plátano. En este análisis los resultados de la acidez libre fueron valores altos a pH bajos (mayor acidez) y valores bajos a pH altos (menor acidez), concuerdo con lo reportado por Cabarcas et al (2012), Manifiesta que en su investigación realizada la acidez libre aumentó a medida que el pH de extracción se tornó más ácido y esto puede deberse al cambio de la naturaleza química de los grupos carboxilo, disminuyendo así su estado de forma de sales o esteres y aumentando su presencia como grupos ácidos. De igual manera lo ratifica Arellano y Hernández (2013), Señala que existe una relación directa entre la acidez libre y el pH de extracción, teniendo en cuenta que los mayores niveles de acidez se presentaron, cuando el medio de extracción presenta condiciones extremas de acidez.

3.9. Metoxilo

Para la determinación de metoxilo (%) se utilizó la solución empleada de la determinación del peso equivalente. Se obtuvo mayores resultados en metoxilo a pH=3,5; decir a un pH que tiene menor acidez y un tiempo de 40 minutos, los valores menores de metoxilo se obtuvieron a pH= 2,5 y 1,5; esto se puede ver en la tabla 14.

Tabla 14
Metoxilo

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado	
				Pectina obtenida	Porcentajes (%)
1.5	1	40	1	0.76	4.71
			2	0.75	4.65
			3	0.76	4.71
	2	60	1	0.69	4.27
			2	0.68	4.21
			3	0.67	4.15
	3	80	1	0.61	3.78
			2	0.62	3.84
			3	0.61	3.78
2.5	4	40	1	0.99	6.14
			2	0.98	6.07
			3	0.97	6.01
	5	60	1	0.82	5.08
			2	0.83	5.14
			3	0.81	5.02
	6	80	1	0.79	4.89
			2	0.78	4.83
			3	0.77	4.77
3.5	7	40	1	1.08	6.69
			2	1.09	6.75
			3	1.07	6.63
	8	60	1	1.04	6.44
			2	1.03	6.38
			3	1.03	6.38
	9	80	1	0.96	5.95
			2	0.97	6.01
			3	0.95	5.89

Los resultados analizados mediante el ANOVA (Anexo 35), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de Metoxilo, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 1,7.

Según la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos de Metoxilo, se detectaron significación (Anexo 36). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la Figura 27.

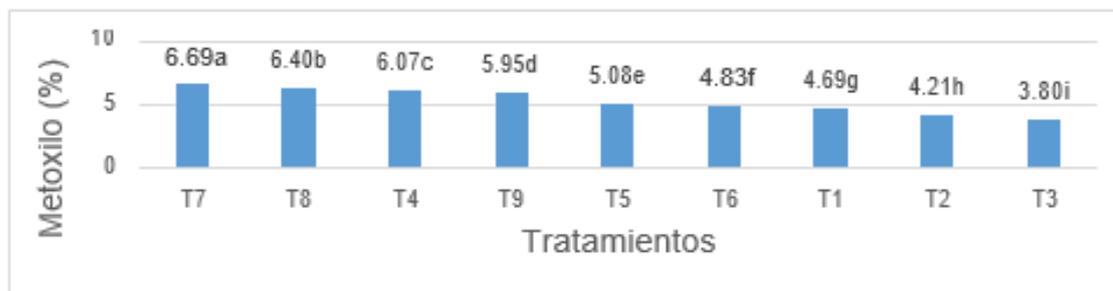


Figura 27. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos de Metoxilo. (Fuente: Elaboración propia).

Estos valores que se obtuvieron en el metoxilo, nos indica que se obtiene valores muy cercanos al límite establecido y también por debajo de este, esto nos indica que se obtuvo pectinas de bajo metoxilo; según lo normado por la United States Pharmacopeial Convention (USP), para pectinas comerciales (2010), citado por Zegada (2014); el cual establece para pectinas de alto metoxilo, este porcentaje debe encontrarse por encima del 6,7% y porcentajes menores a este valor, corresponden a pectinas de bajo metoxilo.

Los resultados que se obtuvo en este análisis los valores van desde 3,80% para el tratamiento 3 (pH=1,5; t°80 min) como mínimo y 6,69% para el tratamiento 7 (pH=3,5; t°40 min) como máximo, se obtuvo valores cercanos comparando con lo reportado por Barazarte (2008), Que reportó los resultados de 4,72 y 7,18 % de metoxilo en la cáscara de cacao; Pero superior al compararlo con Suarez y Orosco (2014), Que encontraron valores de 2,5 y 3,47% de metoxilo en la cáscarilla de cacao y mencionan que la cáscarilla del cacao se caracteriza por presentar un grado de metilación menor al 7%. De acuerdo a los resultados obtenidos de este análisis todo indica tener relación entre los valores de metoxilo y el A.G.A., si el valor del metoxilo es mayor el A.G.A. también lo será y si el valor del metoxilo es menor el A.G.A. también lo será. Estoy de acuerdo con lo reportado por Barazarte (2008), Menciona que el contenido de metoxilo disminuye a medida que disminuye el contenido de Ácido galacturónico, mientras que el grado de esterificación no se ve afectado y va acompañado de valores elevados. El metoxilo es el encargado de la gelificación, coincido con lo descrito por Cabarcas et al (2012), Que manifestó que el metoxilo es el encargado de la gelificación, mientras el ácido galacturónico aumenta el tamaño molecular de la pectina.

3.10. Grado de esterificación

En los resultados obtenidos del grado de esterificación se encuentran los valores de 64,82 % como mínimo y 81,09 % como máximo, la descripción detallada encuentra en la tabla 15.

Tabla 15

Grado de Esterificación.

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado
				Porcentaje g.e
1.5	1	40	1	71.02
			2	70.68
			3	70.89
	2	60	1	68.31
			2	67.93
			3	67.54
	3	80	1	64.89
			2	65.26
			3	64.82
2.5	4	40	1	77.95
			2	77.71
			3	77.47
	5	60	1	73.87
			2	73.97
			3	73.63
	6	80	1	72.47
			2	72.08
			3	71.96
3.5	7	40	1	81.20
			2	81.16
			3	80.93
	8	60	1	80.00
			2	79.78
			3	79.72
	9	80	1	78.04
			2	78.22
			3	77.86

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ANOVA del grado de esterificación (Anexo 40), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de Grado de Esterificación, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,22.

Mediante la prueba de significación de tuckey al 5% para cada uno de los tratamientos del grado de esterificación, se detectaron significación (Anexo 41). Lo que nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos, estas diferencias se aprecian en la figura 28.

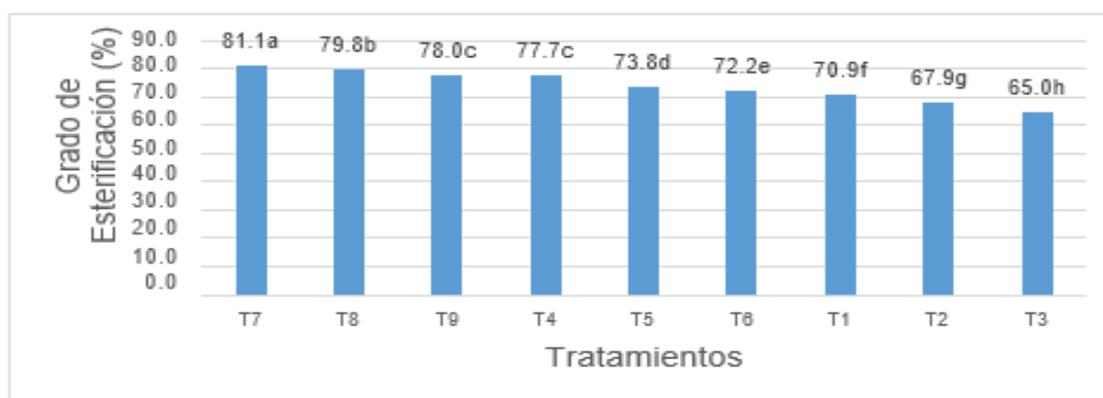


Figura 28. Comparación de los promedios en tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de grado de esterificación (%G.E) en la pectina extraída. (Fuente: Elaboración propia).

El porcentaje de grado de esterificación fue sometido a nueve tratamientos diferentes en las cuales se observó que los resultados están en los rangos de 81,1 % para el tratamiento 7 y 65% para el tratamiento 3, estos valores altos nos indican que se tiene un alto grado de esterificación. A este criterio lo afirma Barazarte (2008), Que el contenido de metoxilo disminuye a medida que disminuye el contenido de Ácido galacturónico, mientras que el grado de esterificación no se ve afectado y va acompañado de valores elevados. Mientras que en esta ocasión discrepo lo mencionado por que no se cumple la relación establecida por Nizama (2015), Que presentan una tabla de datos donde mencionan la relación entre el grado de esterificación y el porcentaje de metoxilo, se describe que si el porcentaje de metoxilo es mayor a 7,6 % mayor será el grado de esterificación con un valor $\geq 50\%$; y si el porcentaje de metoxilo es menor a 7,6 pues menor será el grado de esterificación con un valores $\leq 50\%$.

Según los resultados de este análisis obtenidos nos indica que es pectina de alto grado de esterificación, comparando con el Food Chemical Codex (FCC), para pectinas comerciales

(JECFA, 1981), citado por Nizama (2015), el cual establece dos valores para el grado de esterificación si es $\geq 50\%$ es pectina de alto ester y si es $\leq 50\%$ es pectina de bajo ester.

Los valores que se consiguieron del grado de esterificación son porcentajes altos, con porcentajes de metóxilos bajos. Realizando la comparación se obtuvieron resultados similares, también con un alto grado de esterificación y con bajos porcentajes de metóxilos, reportado por Suárez y Orosco (2014), Que encontró los valores de grado de esterificación de 65,25 y 80 % con un contenido de metoxilo de 2,37 y 3,47% en la cascara de cacao; Arellano y Hernández (2013), Encontraron un 76,92 y 47,62% de grado de esterificación con un porcentaje de metoxilo de 3,21 y 2,46% en la cáscara de piña y níspero, y Nizama (2015), Reportó un valor alto de 71,93% de grado de esterificación con porcentajes menores de 8 % de metoxilo en la cáscara del cacao. En este caso apoyo la información brindada, ya que mis datos concuerdan con lo descrito por Suárez y Orosco (2014), Menciona que los porcentajes altos de grado de esterificación con un contenido bajo de metoxilo, es debido a que podrían existir o estar relacionados con grupos carboxilos esterificados con diferentes grupos como el etoxilo o amidas. Lo reafirma el investigador Cabarcas et al (2012) Considera que una pectina de alto grado de esterificación, teniendo en cuenta los resultados de bajo metoxilo, entonces esto hace suponer que la esterificación del grupo carboxilo del polímero es con grupos diferentes al metoxilo, probablemente con etoxilo o que el grupo ácido está formado con otro grupo de compuestos como los de tipo amida.

3.11. Ácido galacturónico

La riqueza de la pectina está en los ácidos galacturónicos (AG.A.), es otro de los parámetros importantes a determinar en las muestras de pectina obtenida, ya que nos permite tener una idea de la pureza de la pectina obtenida, en este análisis veremos los valores mínimos y máximos según lo determine la estadística.

En los resultados obtenidos del Ácido Galacturónico de la pectina extraída de la cáscara de cacao, se encuentran con valores de 16,54 % como mínimo y 23.58 % como máximo (meq de carboxilos libres/g), se encuentra en la tabla 16.

Tabla 16
Ácido galacturónico

pH	Tratamiento	Tiempo (min)	Numero de repeticiones	Resultado
				porcentaje A.G.A.
1.5	1	40	1	18.83
			2	18.65
			3	18.83
	2	60	1	17.60
			2	17.60
			3	17.42
	3	80	1	16.54
			2	16.72
			3	16.54
2.5	4	40	1	22.35
			2	22,17
			3	22.00
	5	60	1	19.53
			2	19.71
			3	19.36
	6	80	1	19.18
			2	19.00
			3	18.83
3.5	7	40	1	23.41
			2	23.58
			3	23.23
	8	60	1	22.88
			2	22.70
			3	22.70
	9	80	1	21.64
			2	21.82
			3	21.47

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados analizados mediante el ANOVA del A.G.A. (Anexo 45), se determinó que existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, manifestando una correlación $R^2 = 0,99$; C.V.= 0,56. En este análisis el mayor contenido de A.G.A. fue en un pH=3,5 y los valores menores se consiguió a un pH=2,5 y 1,5. Al realizar la prueba de media de tuckey al 5% de significancia a cada uno de los tratamientos se determinó significación (Anexo 46). Esto nos indica que si hay diferencia entre los tratamientos del Ácido galacturónico, esto se muestra en la figura 29.

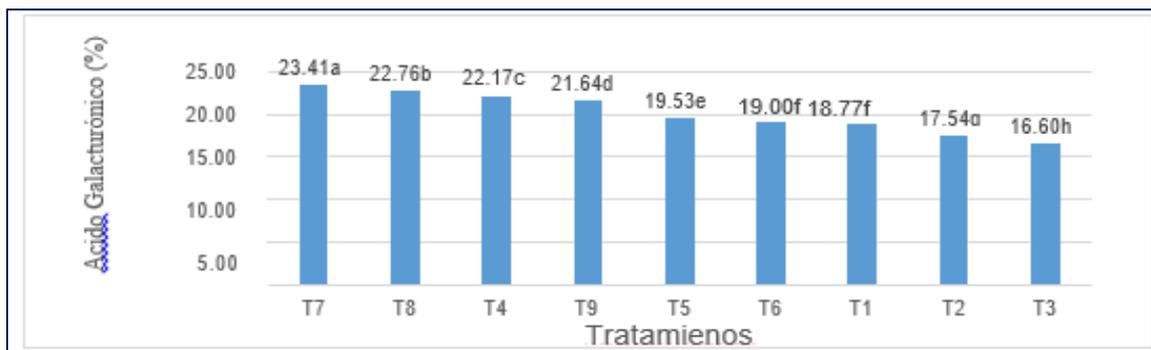


Figura 29. Comparación de los promedios en Tukey de los nueve tratamientos del porcentaje de Ácido galacturónico (%A.G.A.) en la pectina extraída.

Los resultados obtenidos del porcentaje del Ácido galacturónico nos indica que los resultados son inferiores comparando con lo establecido por el Food Chemical Codex (FCC), para pectinas comerciales (JECFA, 1981), citado por Nizama (2015), el cual establece un valor de $\geq 70\%$ de A.G.A.

Los valores que se consiguieron del porcentaje del ácido galacturónico están en un rango de 16,6 % como el valor mínimo y un 23,40 %, como el valor máximo, se obtuvo valores cercanos a lo reportado por Suárez y Orosco (2014), Que encontraron valores de 17,7 % y 23,11% de AGA en la cáscarilla de cacao. Además se obtuvo valores bajos comparando con lo reportado por Chan y Choo (2013), Que indicaron sus valores de 31,19 % y 65,20% de AGA en la cáscara de cacao.

En este trabajo de investigación se obtuvo un alto porcentaje de cenizas, la cual afecta a la pureza de la pectina disminuyendo así su calidad de la pectina y se obtuvo porcentajes bajos en A.G.A., Esta información se relaciona con lo mencionado por Suárez y Orosco (2014), Que reportó un contenido de ácido galacturónico bajo, por tanto se tiene una pectina con muchas impurezas o un alto contenido en cenizas, Además el contenido de ácido D-galacturónico determina la pureza de la pectina extraída lo cual hace que sea el parámetro más importante para determinar su calidad . Esta información también coincide con Nizama (2015), Quien dice que el ácido anhidro galacturónico (AGA) es la unidad fundamental de la estructura de las pectinas y el alto porcentaje de ácido galacturónico (AAG) y el bajo porcentaje de cenizas en la pectina son dos de los criterios que evalúan la pureza y la calidad de las pectinas.

CONCLUSIONES

- Es posible extraer pectina a partir de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51, procedente del distrito de Pajarillo, tal como se observa en los resultados logrados durante el desarrollo del proceso de investigación.
- Los parámetros óptimos de extracción se reflejaron en el tratamiento 7, los análisis físico-químicos obtenidos fueron los siguientes: (pH= 3,5 t = 40 min) con un contenido de humedad de 7,42%; ceniza totales con un resultado de 7,42%; metoxilo con un valor de 6,69%; con un grado de esterificación de 81,09% y un contenido de ácido galacturónico de 23,4%.
- El método de extracción aplicado fue el método convencional, que permitió la mejor extracción de la pectina a partir de la cáscara de cacao variedad CCN – 51.
- El resultado obtenido de la evaluación de la pectina obtenida en la preparación de la mermelada de fresa, en comparación con una mermelada comercial del mismo sabor, en la tabla de evaluación sensorial se ubicó como agradable.
- Siendo el porcentaje máximo obtenido de 2,21 % de rendimiento en la cáscara del cacao en comparación con otras frutas, consideramos riesgoso evaluar éste rendimiento al momento de tomar ciertas decisiones, a fin de invertir en el propósito de extraer pectina en la cáscara de cacao variedad CCN-51.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios que permitan la recuperación de los alcoholes utilizados para la precipitación, pues este insumo origina que los costos en el proceso de extracción sean altos.
- Se recomienda usar secado al vacío en lugar de secado por convección, esta es la causa del oscurecimiento final de la pectina. Sin embargo, este proceso es a escala de laboratorio.
- Se recomienda hacer otros estudios de utilización de la cáscara de cacao, en la alimentación animal, ya que estos son ricos en minerales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abzueta, I., Cardinale, M., Herrera, M. (2012).** *Extracción de la pectina de alto metoxilo a partir de las cáscaras de parchita para la producción de una mermelada.* Proyecto final, Universidad de los Andes, Química, Mérida.
- Arellano, A.G., y Hernández, R. M. (2013).** “*Evaluación del uso de pectina extraída del procesamiento de piña y níspero en la preparación de mermelada*”. Tesis para optar el título de Ingeniero Químico, Universidad Rafael Urdaneta, Facultad de Ingeniería Química, República Bolivariana de Venezuela.
- Ardila, S.C., y Carreño, J.S. (2011).** “*Aprovechamiento de la cáscara de cáscara de la mazorca de cacao como absorbente*”, tesis para optar el título de Ingeniero Químico, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Físicoquímica, Bucaramanga – Colombia.
- Asociación Nacional de Exportadores e Industriales de Cacao del Ecuador ANECACAO. (2007).** Descripción botánica del cacao (*Theobroma cacao L.*) URL: www.ANECACAO.com. Accesado el 28 de octubre de 2015.
- A.O.A.C. (2000).** *Official Methods of analysis.* Libro; Association of Oficial Analytical Chemist, pag.17.
- Baltazar, F. R, Carbajal, M. D, Baca, R.N, Salvador, R.D. (2013).** “*Optimización de los condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón Francés (Citrus médica) utilizando la metodología de superficie respuesta*”. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú.
- Barazarte, B.H. (2008).** “*Uso potencial de la cáscara de cacao (Theobroma cacao L.), como fuente de pectina*”. Requisito para optar al grado de Magister en Ciencias de los Alimentos, Universidad Simón Bolívar, Decanato de Estudios de Postgrado, Maestría en Ciencias de los Alimentos, Venezuela.

- Betancourt, L. y Llanos, J. (2009).** “*Extracción de pectina a partir de los subproductos del beneficio del cacao*”. Tesis para optar el título de Ingeniero de procesos, Universidad E.A.F.I.T., Medellín- Colombia.
- Cabarcas, E.E., Guerra, B.A., Henao, B.C. (2012).** *Extracción y Caracterización de pectina a partir de cáscara de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción*. Tesis para obtener el título de Ingeniería Química, Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Cartagena de Indias - Colombia.
- Ceballos, A.M. (2008).** *Estudio comparativo de tres sistemas de para la producción de un polvo deshidratada de fruta*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.
- Censo Nacional Agropecuario, IV CENAGRO (2012).** *Boletín informativo estadístico sobre la superficie cosechada en el Perú*. URL: [www. IVcenagro](http://www.IVcenagro). Con Accesado el 03 de marzo del 2016.
- Chan, S.Y., y Choo, W.S. (2013).** “*Efectos de las condiciones de extracción en el rendimiento y propiedades químicas de pectina de las cáscaras de cacao (Theobroma cacao L.)*”. Escuela de ciencias, Universidad de Monash Sunway Campus, Bandar Sunway, 46510 Petaling Jaya, Selangor, Malasia.
- Chasquibol, N., Arroyo, B. y Morales, J. (2008).** Extracción y Caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad Peruana. Rev. Red de revistas científicas de América Latina, el caribe España y Portugal, Ingeniería Industrial, núm. 26, pp: 175-199., 2008, Universidad de Lima, Lima – Perú.
- Cooperativa Agraria Cacaotera. ACOPAGRO (2016).** Datos y estadísticas del cultivo de cacao.
- Duran, M. V. y Honores, G. M. (2012).** “*Obtención y Caracterización de pectina en polvo a partir de cáscara de Maracuyá (Passiflora Edulis)*”. Tesis para obtener el título de Ingenieras de Alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil – Ecuador.
- F.A.O. (2011).** Pectins, Comité mixto FAO/OMS de expertos de aditivos

alimentarios(JECFA).En:www.fao.org/ag/agn/Jecfaadditives/specs/monogrph/additive-306. Pdf. Accesado el 18 de enero de 2016.

Food Chemicals Codex, FCC. (1931). Especificaciones para pectinas comerciales.

Gabriel, C, A. (2010). Extracción de pectina del cactus (*A.Tetragonus L*) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Buenavista – México.

Gamboa, M. (2009). “Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado de mango, de las variedades Smith, Tommy Atkins, Haden y Bocado, como materias primas para la obtención de pectina”. Tesis posgrado, Universidad de Oriente, Ciencias e Ingeniería de Alimentos, Anzoátegui – Venezuela.

García, J. (2012). Evaluación del rendimiento de extracción de pectinas en aguas mieles del beneficio de café procedentes del mucilagino mecánico. Investigación para optar el Título de Ingeniero Químico, Universidad de El Salvador, San Salvador, República de El Salvador.

Google Eart (2017). Ubicación geográfica del distrito. Accesado el 5 de enero del 2017. URL: www.googleearth.com.

Grünauer, E, C. (2009). “Influencia de secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir del Citrus x Aurantifolia Swingle”. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Guayaquil- Ecuador.

Hart, F. y Fisher, H. (1984). Análisis moderno de los alimentos. Editorial Acribia.España.

Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria Alimentaria (INIA) 2009. Clasificación taxonómica del cacao (*Theobroma cacao L.*) URL: www.INIA.online.com. Accesado el 02 de diciembre del 2015.

International Cocoa Organization (2012). London. Accesado el 8 de enero de 2016. URL: www.icco.org.

Lazo, A. R. (2015). Conservación por liofilización de pulpa camu camu (*Myrciaria dubia HBK*). Tesis para optar el título Profesional en Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto – Perú.

Levenspiel, O. (2003). Flujo de fluidos e Intercambio de calor, edición en español, Ed. Reverté, España.

Ministerio de Agricultura (2010). Resumen Ejecutivo Cacao. Lima, Perú. Accesado el 10 de Octubre en URL: www.agroaldia.minag.gob.pe

Ministerio de Agricultura (2013). Boletín del Sistema Integrado de Estadística Agrarias. Accesado el 15 de septiembre en URL: www.minag.gob.pe

Ministerio de Agricultura y Riesgo del Perú – IV Censo Nacional Agropecuario, MINAGRI- OEE/IV CENAGRO: (2012). Evolución de la Superficie cosechada de cacao a nivel nacional. Accesado el 5 de Enero del 2016 URL: www.cenagro.gob.pe

Montaña, O.K. (2016). “Obtención de pectina a partir de badea (*Passiflora quadrangularis*)”. Trabajo final para optar el grado de Magister en Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Bogotá – Colombia.

Municipalidad Distrital de Pajarillo (MDP) 2016. Datos sobre características geográficas del distrito.

Nizama, Y, K. (2015). “Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (*Theobroma cacao L.*)”. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial e Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de Piura, Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias, Piura- Perú.

Owens, Mccready, Shepherd y Shults. (1952). “Methods used western regional research laboratory for extration and analysis of pectin materials”. AIC – 340, Western, Regional Research Laboratory. Albany, California.

- Parzanese, M. (2008).** Liofilización de Alimentos. Alimentos Argentinos – Minagri: Tecnologías para la Industria Alimentaria. Ficha N° 3, 1-10.
- Pino, P. (2003).** Introducción al secado de Alimentos por aire caliente. 1ª ed. Valencia-España: UPV.pp.39-48.
- Ramos, Q, J. (2013).** Influencia de la molienda en las propiedades reológicas del licor de cacao, Tesis para optar el título de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Tarapoto – Perú.
- Suárez, R.D., y Orosco, G. D. (2014).** “Obtención y Caracterización de pectina a partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) Subproducto de una industria chocolatera nacional”. Tesis para optar el título de Químico Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Pereira – Colombia.
- Unitervos, B,G. (2009).** “Obtención y caracterización de pectinas de alto y bajo metoxilo de la manzana variedad Pachacamac”. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Lima- Perú.
- Vriesmann, L; Teófilo, R; Petkowiez, C. (2012).** Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao L.*), with citric acid. Revista Digital Science Direct, URL: www.Sciencedirect.com. Accedado el 21 de marzo de 2017.

ANEXOS

Anexo 1. Producción de cacao en el distrito de Pajarillo.

Frutos de cacao cosechados en el Distrito de Pajarillo.

Año	Superficie cosechada	Clones diversos (CCN51, ICS-95, ICS-39)		Producción estimada (1,3 Tn/ha)
				Clon(CCN-51)
	Hectáreas (ha)	Toneladas (Tn)		Toneladas (Tn)
				74,25
2011	79,55	103,41		
2012	82,05	106,67		77,73
2013	85,84	111,59		83,83
2014	92,49	120,24		94,79
2015	102,75	133,58		112,13

Fuente: ACOFAGRO (2016).

Anexo 2. Producción de cacao en la región San Martín.

Provincias	Rendimiento	Superficie Cosecha	Producción estimada		
	Hectáreas (Kg/ha)	Hectáreas	%	Toneladas	%
<u>Tocáche</u>	780	14,061.97	30	10,968	37
Mariscal Cáceres	700	9,293.02	20	6,505	22
Huallaga	550	6,325.66	14	3,479	12
San Martín	500	3,947.44	8	1,974	7
Lamas	500	3,834.58	8	1,917	6
El Dorado	500	3,759.68	8	1,880	6
Bellavista	570	3,183.71	7	1,815	6
Picota	500	1,241.95	3	621,0	2
Moyobamba	500	884.77	2	442,0	1
Rioja	500	207.34	0	104,0	0
Total San Martín		46,740.12	100	29.705	100

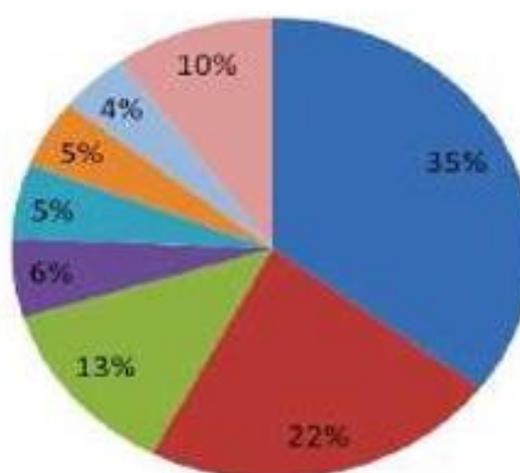
Fuente: IV CENAGRO 2012.

Anexo 3. Producción a nivel nacional.

Años	Total Nacional	San Martín	Cusco	Junín	Ayacucho	Resto del País
2005	50,313	4,237	20,843	6,753	8,144	10,336
2006	56,732	8,182	20,739	6,987	8,144	12,680
2007	59,835	10,790	20,170	7,079	8,849	12,947
2008	63,626	13,238	20,982	7,856	8,851	12,699
2009	66,335	15,679	20,418	8,202	8,851	13,185
2010	77,192	24,543	21,449	8,555	8,851	13,794
2011	84,174	28,984	21,740	9,356	8,784	15,310
2012	144,232	46,915	15,881	20,689	12,489	48,258
Tasa crecimiento promedio anual	16.20%	41.00%	3.80%	17.30%	6.30%	24.60%
Producción(t)						
Toneladas 2012	71,595	29,709	5,908	8,896	5,370	21,716
% producción 2012	100	41	8	12	8	30

Fuente: MINAGRI OEE IV CENAGRO 2012.

Anexo 4. Producción a nivel mundial.



Fuente: International Cocoa Organization (ICCO, 2012).

Anexo 5. Análisis de varianza (ANVA) para el Rendimiento.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	cuadrado de media	F.Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	0.0000207	0.00000104	1.1428000	0.3454	n.s
Trat.	8	0.96786674	0.12098334	132948.72	0.0001	*
(a) pH	2	0.49878785	0.24939393	274059.26	0.0001	*
(b)Tiempo	2	0.43352807	0.21676404	238202.24	0.0001	*
a*b	4	0.03555081	0.00888770	9766.7000	0.0001	*
Error	16	0.00001459	0.00000091			
Total	26	0.96788341				

Coef. de var.=0.050. ; $R^2=0.99$.

* = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 6. Prueba de Tukey al 5% para el Rendimiento.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	2.21	3	T3
B	2.11	3	T2
C	2.02	3	T6
D	1.95	3	T5
E	1.85	3	T1
F	1.82	3	T9
G	1.73	3	T8
H	1.67	3	T4
I	1.62	3	T7

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

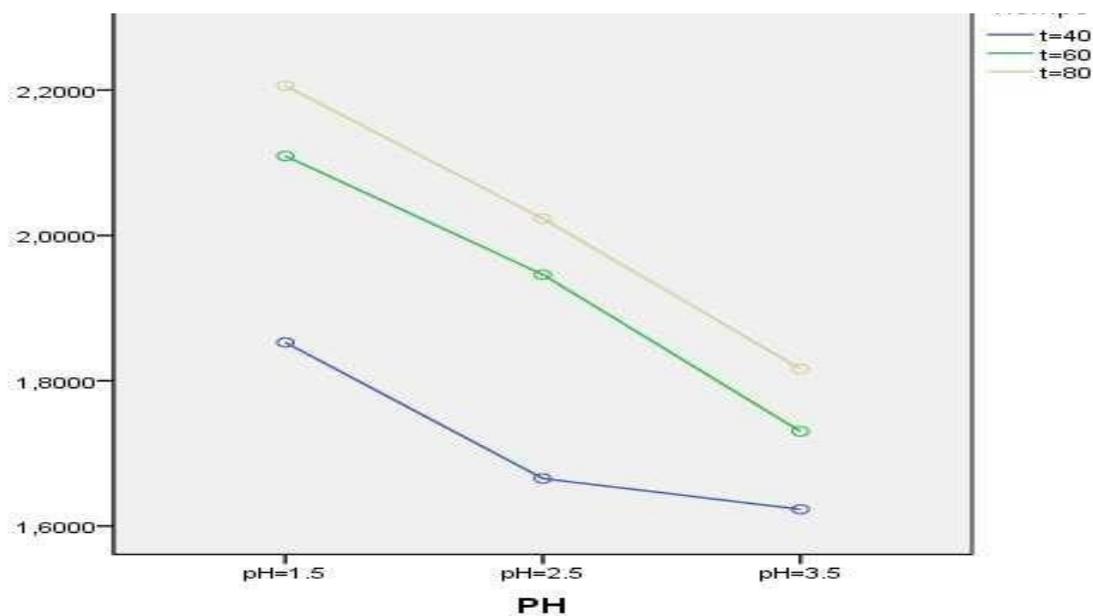
Anexo 7. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos homogéneos del pH.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 3.5	9	1.7233		
pH=2.5	9		1.8782	
pH= 1.5	9			2.055

Anexo 8. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos homogéneos de tiempo.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 40	9	1.7138		
t=60	9		1.9285	
t=80	9			2.0151

Anexo 9. Grafica de perfil entre el pH y el tiempo de Rendimiento.



Anexo 10. Análisis de Varianza para Humedad.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	0.00811022	0.00405511	1.1340	0.3463	n.s.
Trat.	8	13.76314667	1.72039333	481.11	0.0001	*
(a) pH	2	10.63885356	5.31942678	1487.61	0.0001	*
(b)Tiempo	2	3.05890689	1.52945344	427.72	0.0001	*
a*b	4	0.06538622	0.01634656	4.5714	0.0118	*
Error	16	0.05721311	0.00357582			
Total	26	13.82847				

Coef. de var.=0,66 ; $R^2=0.99$.

* = significativo al 5% ; n.s.= no significativo

Anexo 11. Prueba de Tukey al 5% para la Humedad.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	10.11	3	T3
B	9.84	3	T2
C	9.37	3	T1
D	9.13	3	T6
E	8.79	3	T5
E	8.76	3	T9
F	8.33	3	T4
F	8.22	3	T8
G	7.82	3	T7

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

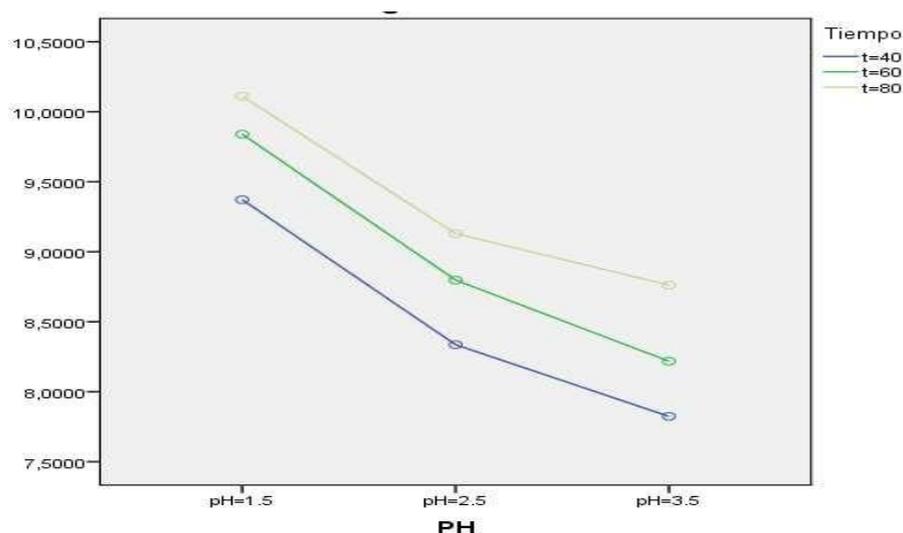
Anexo 12. Prueba de Tukey al 5% de los sub conjuntos de pH en la Humanidad.

		1	2	3
pH= 3.5	9	8.2678		
pH=2.5	9		8.7546	
pH= 1.5	9			9.7744

Anexo 13. Prueba de Tukey al 5% de los subconjuntos de tiempo en la Humedad.

	N	Subconjunto		
tiempo		1	2	3
t= 40	9	8.5106		
t=60	9		8.9517	
t=80	9			9.3344

Anexo 14. Gráfico de pH y el tiempo de la Humedad.



Anexo 15. Análisis de varianza para la Viscosidad.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	548.660000	274.330000	53.74	0.0001	*
Trat.	8	8024.533333	1003.066667	196.50	0.0001	*
(a) pH	2	6182.6288	3091.31444	605.6	0.0001	*
(b)Tiempo	2	1590.2288	795.114444	155.76	0.0001	*
a*b	4	251.6755	62.918889	12.33	0.0001	*
Error	16	81.6733	5.104583			
Total	26	8654.8666				

Coef. de var.=1,7 ; $R^2=0.99$. * = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 16. Prueba de Tukey para tratamiento en la Viscosidad.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	163.33	3	T7
B	151.77	3	T8
B	145.90	3	T4
C	137.53	3	T9
C	131.37	3	T5
D	124.53	3	T6
E D	118.67	3	T1
E F	113.33	3	T2
F	109.57	3	T3

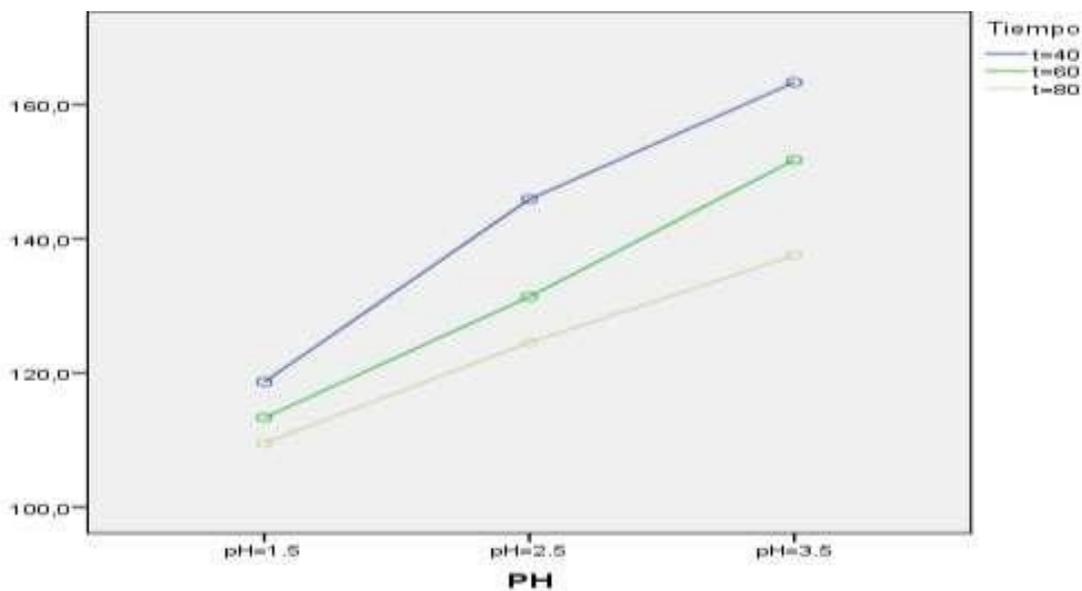
Anexo 17. Prueba Tukey para los subconjuntos de pH para la viscosidad.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 1.5	9	113.856		
pH=2.5	9		133.933	
pH= 3.5	9			150.878

Anexo 18. Prueba de Tukey para los subconjuntos de tiempo para la Viscosidad.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	123.878		
t=60	9		132.1566	
t=40	9			142.633

Anexo 19. Gráfico de perfil para la Viscosidad.



Anexo 20. Análisis de varianza para Cenizas.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	0.0006503	0.00032515	0.4940	0.6192	n.s.
Trat.	8	12.8078403	1.60098004	2432.54	0.0001	*
(a) pH	2	10.53203607	5.26601804	8001.24	0.0001	*
(b)Tiempo	2	2.05992919	1.02996459	1564.93	0.0001	*
a*b	4	0.21587504	0.05396876	82.0006	0.0001	*
Error	16	0.01053037	0.00065815			
Total	26	12.81902096				

Coef. de var.=0,30 ; $R^2=0,99$.

* = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 21. Prueba de Tukey para la Ceniza.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	9.78	3	T3
B	9.24	3	T2
C	8.84	3	T1
D	8.64	3	T6
E	8.46	3	T5
F	8.22	3	T4
G	8.09	3	T9
H	7.76	3	T8
I	7.42	3	T7

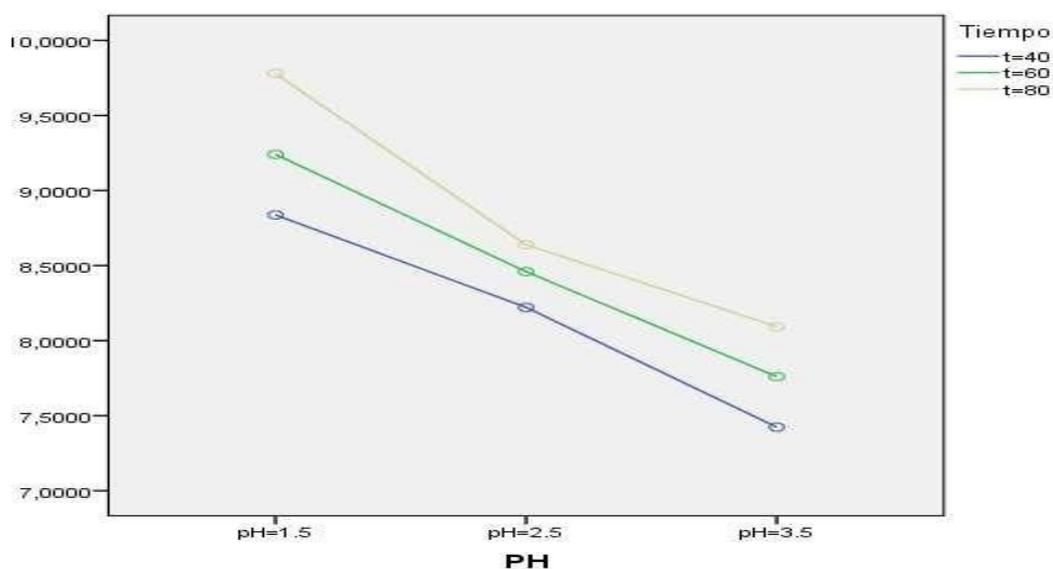
Anexo 22. Prueba de Tukey al 5% para subconjunto de pH en Ceniza.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 3.5	9	7.759		
pH=2.5	9		8.4399	
pH= 1.5	9			9.2858

Anexo 23. Prueba de Tukey al 5% para subconjunto de tiempo

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 40	9	8.1608		
t=60	9		8.487	
t=80	9			8.837

Anexo 24. Gráfica de perfil de Ceniza.



Anexo 25. Análisis de varianza para el Peso Equivalente.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	917.358000	458.679	3.42	0.058	n.s.
Trat.	8	1367822.628	170977.828	1274.71	0.0001	*
(a) pH	2	1250660.49	625330.247	4662.09	0.0001	*
(b)Tiempo	2	115747.267	57873.634	431.47	0.0001	*
a*b	4	1414.868	353.717	2.64	0.0727	n.s.
Error	16	2146.094	134.131			
Total	26	1370886.079				

Coef. de var.=0,63 ; $R^2=0,99$.

* = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 26. Prueba de Tukey para los tratamiento del Peso Equivalente.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	2164.53	3	T7
B	2080.45	3	T8
C	1994.71	3	T9
D	1918.18	3	T4
E	1845.03	3	T5
F	1781.49	3	T6
G	1644.89	3	T1
H	1546.38	3	T2
I	1470.58	3	T3

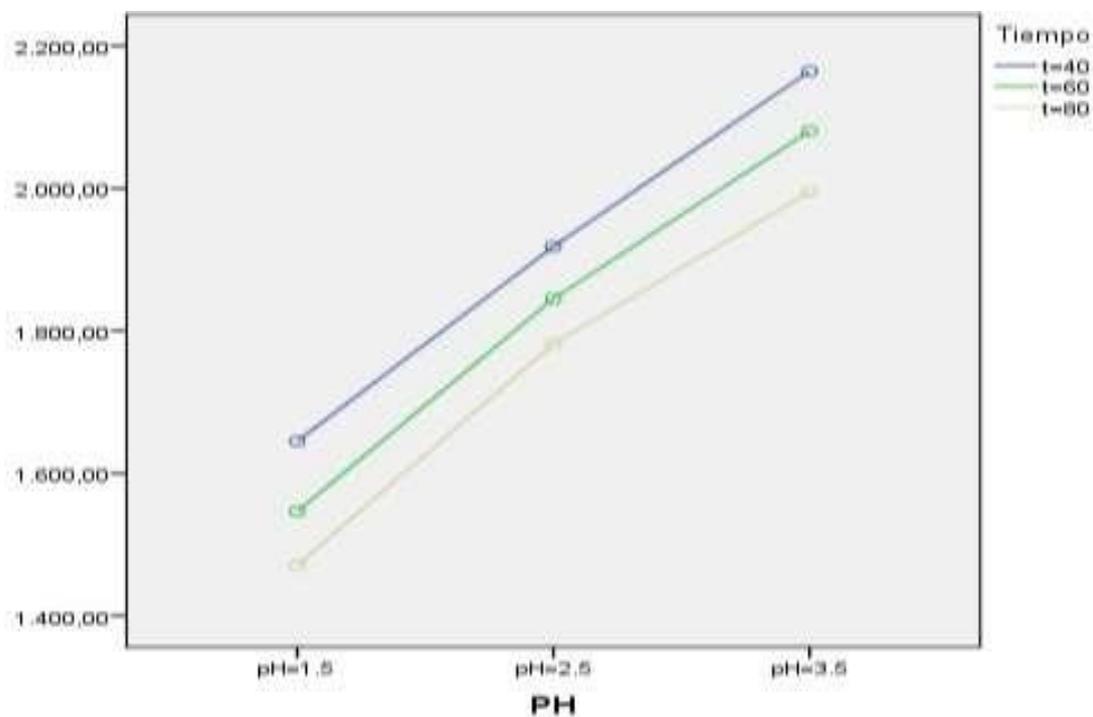
Anexo 27. Prueba de Tukey de los subconjuntos de pH para el Peso Equivalente.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 1.5	9	1,553.9500		
pH=2.5	9		1,848.2311	
pH= 3.5	9			2,079.8944

Anexo 28. Prueba de Tukey de los subconjuntos de tiempo para el Peso Equivalente.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	1,748.9256		
t=60	9		1,823.9533	
t=40	9			1,909.1967

Anexo 29. Gráfica de perfil del Peso Equivalente.



Anexo 30. Analisis de Varianza para Acidez Libre.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	Suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.05$)	
Bloque	2	0.000072	0.000036	2.2973	0.1327	n.s.
Trat.	8	0.07138133	0.00892267	569.410	0.0001	*
(a) pH	2	0.06386756	0.03193378	2037.89	0.0001	*
(b)Tiempo	2	0.00744267	0.00372133	237.481	0.0001	*
a*b	4	0.00007111	0.00001778	1.13465	0.3754	n.s.
Error	16	0.00025067	0.00001567			
Total	26	0.071704				

Coef. de var.=0,68 $R^2=0,99$.
 * = *significativo al 5%* ; *n.s.= no significativo*

Anexo 31. Prueba de Tukey para los tratamientos para la Acidez libre.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	0.66	3	T1
B	0.64	3	T2
C	0.62	3	T3
D	0.61	3	T4
E	0.58	3	T5
F	0.56	3	T6
G	0.54	3	T7
H	0.52	3	T8
I	0.50	3	T9

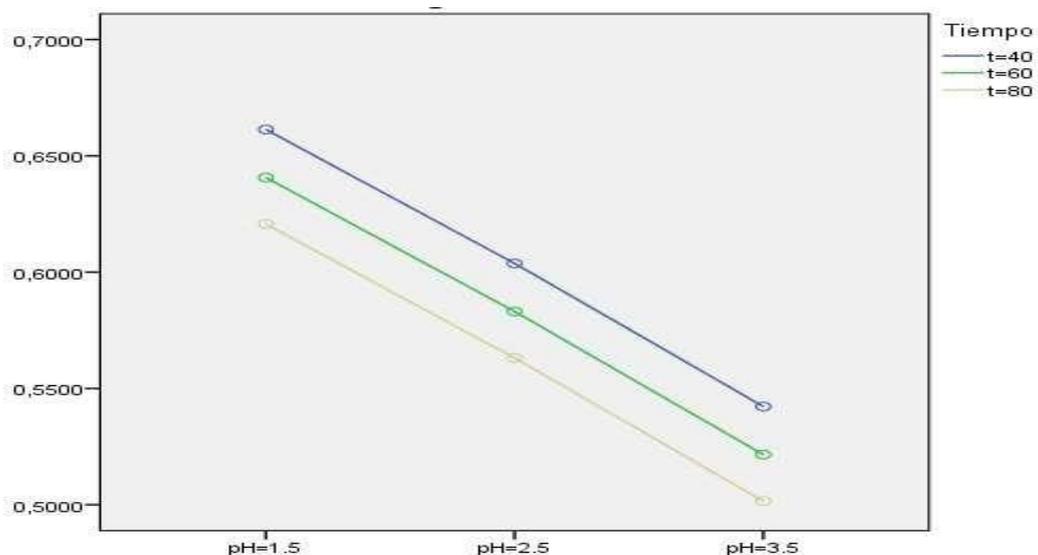
Anexo 32. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH para Acidez libre.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 3.5	9	0.5217		
pH=2.5	9		0.5833	
pH= 1.5	9			0.6408

Anexo 33. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para Acidez libre.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	0.5617		
t=60	9		0.5817	
t=40	9			0.6024

Anexo 34. Gráfica de perfil de Acidez libre



Anexo 35. Análisis de varianza para Metoxilo.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.005$)	
Bloque	2	0.02476296	0.01238148	7.36	0.0054	*
Trat.	8	24.72625185	3.09078148	1838.13	0.0001	*
(a) pH	2	20.10636296	10.0531815	5978.76	0.0001	*
(b)Tiempo	2	4.19916296	2.09958148	1248.65	0.0001	*
a*b	4	0.42072593	0.10518148	62.55	0.0001	*
Error	16	0.0269037	0.0016815			
Total	26	24.77791852				

Anexo 36. Prueba de Tukey para los tratamientos de Metoxilo.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	6.69	3	T7
B	6.40	3	T8
C	6.07	3	T4
D	5.95	3	T9
E	5.08	3	T5
F	4.83	3	T6
G	4.69	3	T1
H	4.21	3	T2
I	3.80	3	T3

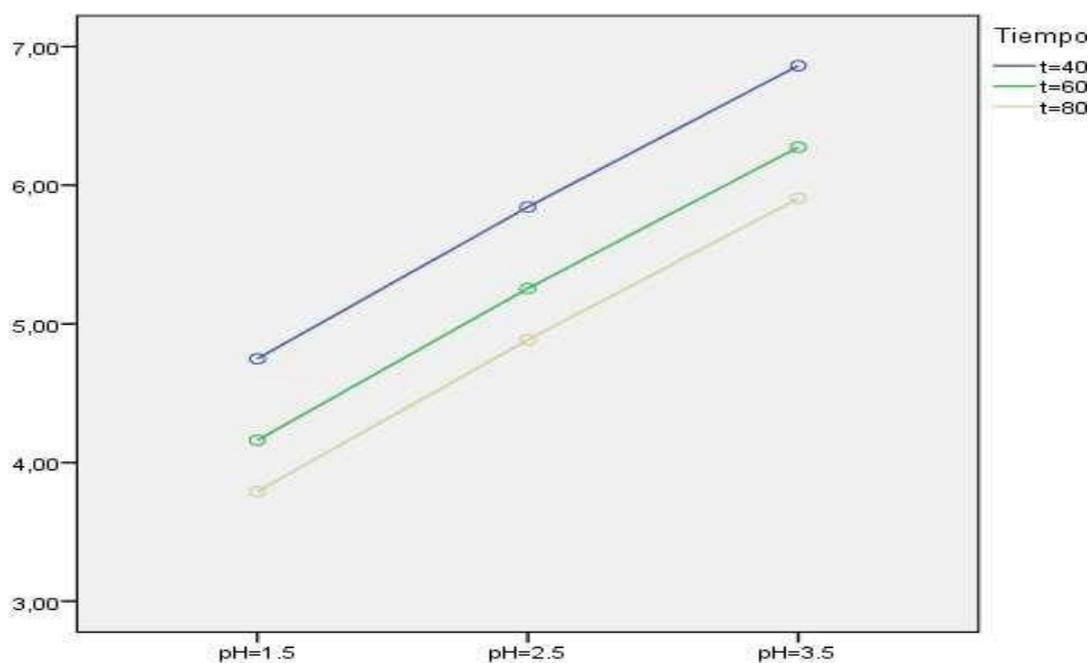
Anexo 37. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH para el Metoxilo.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 1.5	9	4.2333		
pH=2.5	9		5.3278	
pH= 3.5	9			6.3467

Anexo 38. Prueba de Tukey para subconjunto de tiempos para el Metoxilo.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	4.8600		
t=60	9		5.2300	
t=40	9			5.8178

Anexo 39. Gráfica de perfil para el Metoxilo.



Anexo 40. Análisis de varianza para el Grado de Esterificación.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrados de media	F. Valor	F ($\alpha=0.005$)	
Bloque	2	0.4958296	0.2479148	9.00	0.0024	*
Trat.	8	737.212763	92.1515954	3347.14	0.0001	*
(a) pH	2	622.782141	311.39107	11310.4	0.0001	*
(b)Tiempo	2	105.174007	52.5870037	1910.07	0.0001	*
a*b	4	9.2566148	2.3141537	84.05	0.0001	*
Error	16	0.4405037	0.0275315			
Total	26	738.149096				

Coef. de var.=0,22 ; $R^2=0,99$.

* = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 41. Prueba de Tukey para tratamientos del Grado de Esterificación.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	81.10	3	T7
B	79.83	3	T8
C	78.04	3	T9
C	77.71	3	T4
D	73.82	3	T5
E	72.17	3	T6
F	70.86	3	T1
G	67.93	3	T2
H	64.99	3	T3

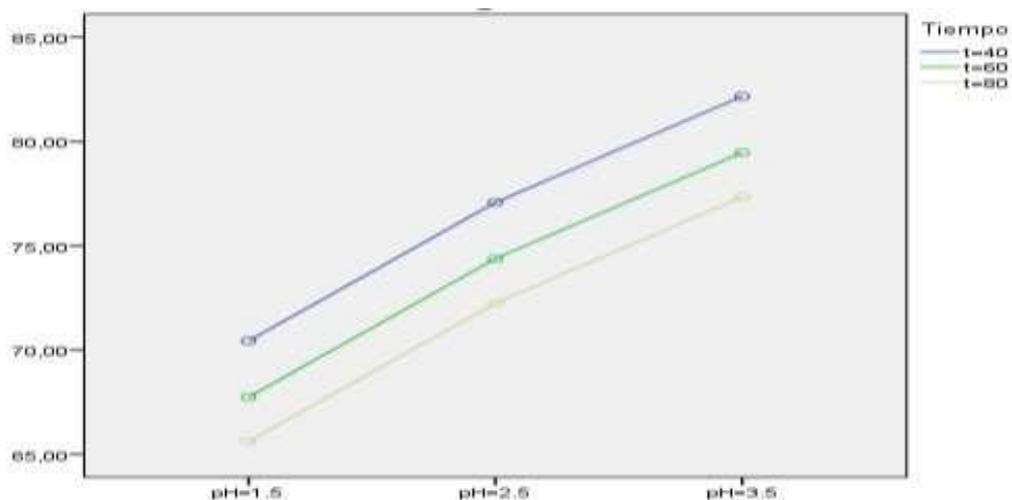
Anexo 42. Prueba de Tukey para subconjunto de pH para el Grado de Esterificación.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 1.5	9	67.9267		
pH=2.5	9		74.5678	
pH= 3.5	9			79.6567

Anexo 43. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para el Grado de Esterificación.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	71.7333		
t=60	9		73.8611	
t=40	9			76.5567

Anexo 44. . Gráfica de perfil para el Grado de Esterificación.



Anexo 45. Análisis de varianza para Acido Galacturónico.

Fuente de Variación	Grado de Libertad	Suma de Cuadrado	suma de cuadrado de media	F. Valor	F ($\alpha=0.005$)	
Bloque	2	0.1837556	0.0918778	7.03	0.0064	*
Trat.	8	140.2659333	17.5332417	1342.4	0.0001	*
(a) pH	2	111.0866667	55.5433333	4252.57	0.0001	*
(b)Tiempo	2	25.8494889	12.9247444	989.56	0.0001	*
a*b	4	3.3297778	0.8324444	63.73	0.0001	*
Error	16	0.2089778	0.0130611			
Total	26	140.6586				

Coef. de var.=0,56 ; $R^2=0,99$.
 * = significativo al 5% ; n.s.= no significativo.

Anexo 46. Prueba de Tukey para tratamiento para el Acido Galacturónico.

Grupo Tukey	Promedio	N	Tratamiento
A	23.41	3	T7
B	22.76	3	T8
C	22.17	3	T4
D	21.64	3	T9
E	19.53	3	T5
F	19.00	3	T6
F	18.77	3	T1
G	17.54	3	T2
H	16.60	3	T3

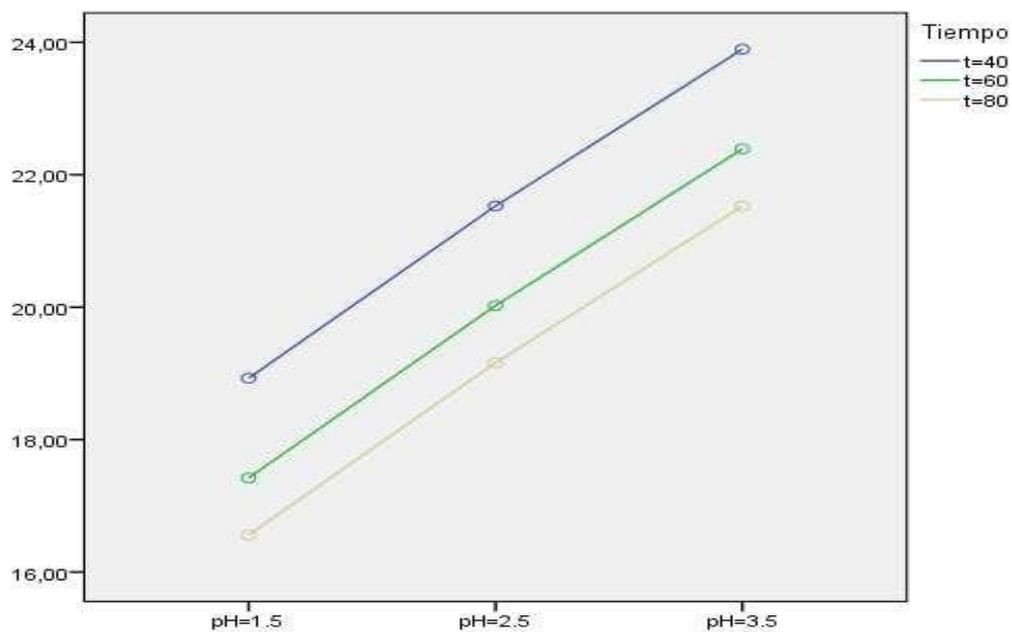
Anexo 47. Prueba de Tukey para subconjuntos de pH en Acido Galacturónico.

pH	N	Subconjunto		
		1	2	3
pH= 1.5	9	17.6367		
pH=2.5	9		20.2367	
pH= 3.5	9			22.6033

Anexo 48. Prueba de Tukey para subconjuntos de tiempos para el Ácido Galacturónico.

Tiempo	N	Subconjunto		
		1	2	3
t= 80	9	19.0822		
t=60	9		19.9444	
t=40	9			21.4500

Anexo 49. Gráfica de perfil para el Ácido Galacturónico.



Anexo 50. Imágenes del proceso de extracción de pectina a partir de la cáscara del cacao variedad CCN-51.



a) Recolección del fruto, b) Separación del fruto en buen estado, c) Picado de la cáscara de cacao, d) Inactivación de enzimas, e) Fijación de los pH a trabajar, f) Realiza la hidrólisis, g) Separación del gel y desechos sólidos. h) Precipitación de la pectina, i) Centrifugadora. J) Tubos recién salidos de la centrifugadora conteniendo la pectina. k) Muestra de un tubo con la pectina separada del líquido. l) Pectina en gel. ll) Puestas dentro del liofilizador. m) Pectina ya en polvo.

Anexo 51. Imágenes de la preparación de la mermelada de fresa con la pectina de la cáscara del cacao variedad CCN-51.



a) Fruta fresca. b) Lavado de la fruta. c) Triturado de la fruta. d) licuado de la fresa. e) Adición del jugo de fresa y del concentrado. f) Adición de la pectina. g) medición de la temperatura óptima. h) medición con el refractómetro. i) Envasado. j) Enfriado. k) Producto Final.

Anexo 52. Realizando la evaluación sensorial de la mermelada preparada.



- a) materia prima para el análisis sensorial.
- b) Ubicación de cada muestra y debidamente rotulada.
- c) rotulada.
- d) Degustación.

Anexo 53. Ficha de evaluación sensorial.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre:

.....

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color		
Olor		
Sabor		
Textura		

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 54. Ficha llenada de evaluación sensorial de la participante

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: DOLLY FLORES DÁVILA.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	4	4
Olor	3	3
Sabor	5	3
Textura	3	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 55. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Greisy

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: GREISY MARGARITA DEL ÁGUILA MONCADA.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	3
Olor	4	4
Sabor	5	4
Textura	4	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 56. Ficha de evaluación sensorial de participante Martín.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: MARTÍN PEZO CUÑAÑA.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	3
Olor	4	4
Sabor	4	3
Textura	4	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 57. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Guido.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: GUIDO SAAVEDRA VELA.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	4	4
Olor	4	4
Sabor	5	4
Textura	5	4

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 58. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Euler.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: EULER NAVARRO PINEDO.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	3
Olor	4	4
Sabor	5	4
Textura	4	4

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 59. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la paeticipante Milagros.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: MILAGROS CALDERÓN BARTUREN

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	4
Olor	5	3
Sabor	5	3
Textura	4	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 60. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Katia.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: KATIA PANDURO SOTO.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	3
Olor	4	4
Sabor	5	4
Textura	5	4

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 61. Ficha llenada de la evaluación sensorial del participante Walter.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: WALTER LOZANO GARCÍA.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	4	3
Olor	4	4
Sabor	5	3
Textura	4	4

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 62. Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Juliana

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: JULIANA GARGÍA VÁSQUES

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	4	3
Olor	5	4
Sabor	5	4
Textura	5	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:

Anexo 63 Ficha llenada de la evaluación sensorial de la participante Meliza.

Ficha de evaluación sensorial.

Producto: MERMELADA DE FRESA.

Nombre: MELIZA TARAZONA DÍAZ.

Instrucciones: Pruebe las muestras e indique el número correspondiente, según el sabor, olor, color y textura de su agrado.

	PCC	PCOM.
Color	5	3
Olor	4	4
Sabor	3	4
Textura	4	5

1= Me desagrada mucho

2= Me desagrada poco

3= Ni me agrada ni me desagrada

4= Me agrada poco

5= Me agrada mucho

Recomendaciones:
