

**UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**EVALUACIÓN DE LA VISCOSIDAD DE LA PECTINA DE
GRANADILLA (*Passiflora Ligularis* Juss) A DIFERENTES
CONCENTRACIONES Y TEMPERATURAS**

**Tesis para optar el Título Profesional de
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Chero Silupú Yesenia Katherine

Asesores:

Mag. Tarazona Minaya Rosario Esther

Mag. Inti Barreto Julio Constantino

HUARAZ, PERÚ

2019



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación - RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: CHERO SILVIA YESENIA KATHERINE

Código de alumno: 082-1604-428 Teléfono: 910868162

Correo electrónico: KATHY-PISCIS-180@HOTMAIL.COM DNI o Extranjería: 46348010

2. Modalidad de trabajo de investigación:

- Trabajo de investigación Trabajo académico
 Trabajo de suficiencia profesional Tesis

3. Título profesional o grado académico:

- Bachiller Título Segunda especialidad
 Licenciado Magister Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

"EVALUACION DE LA VISCOSIDAD DE LA PECTINA DE GRANADILLA (Passiflora ligularis Juss.) A DIFERENTES CONCENTRACIONES Y TEMPERATURAS"

5. Facultad de: INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

6. Escuela, Carrera o Programa: INGENIERIA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: TARAZONA MINAYA ROSARIO ESTHER Teléfono: 980254406

Correo electrónico: RTARAZONA20@HOTMAIL.COM DNI o Extranjería: 31662856

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: Jessely ChS

D.N.I.: 46348010

FECHA: 25 / JULIO / 2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL
"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"**

FACULTAD DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MODALIDAD: TESIS

Los miembros del Jurado que suscriben, se reunieron en acto público para calificar la Sustentación de la Tesis presentada por la Bachiller:

CHERO SILUPÚ YESENIA KATHERINE

TITULADA

**"EVALUACIÓN DE LA VISCOSIDAD DE LA PECTINA DE
GRANADILLA (*Passiflora Ligularis Juss*) A DIFERENTES
CONCENTRACIONES Y TEMPERATURAS"**

Después de haber escuchado el informe y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declararon APTO para optar el TÍTULO PROFESIONAL con el calificativo de:

APROBADO POR UNANIMIDAD CON LA NOTA DE QUINCE (15)

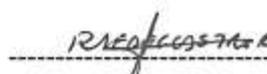
En consecuencia, la sustentante de acuerdo a la Ley Universitaria y las normas estatutarias queda en condición de recibir el Título de Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

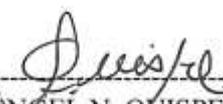
Huaraz, 22 de Mayo del 2019



Mag. JORGE A. RAMÍREZ RODRÍGUEZ
Presidente



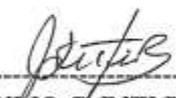
Mag. RAFAEL J. CASTRO RAMÍREZ
Secretario



Mag. ÁNGEL N. QUISPE TALLA
Vocal



Mag. ROSARIO E. TARAZONA MINAYA
Asesor



Mag. JULIO C. INTI BARRETO
Asesor

DEDICATORIA

Dedico esta tesis especialmente a mi familia:

A mi mamá, que gracias a sus cuidados y fuerza de espíritu me impulso a cumplir todos mis objetivos y me enseñó a ser humilde, responsable y a luchar por todo.

A mi papá, por ser el padre con más paciencia y confianza, que sin tu fuerza y apoyo no hubiera logrado mis metas, a pesar que has tenido un camino muy difícil, pero que nunca te rendiste y eso es un gran ejemplo para mí.

Y con mucho cariño a mis hermanas por su paciencia, armonía, comprensión e impulso entregado, para poder seguir adelante y por todo el amor que me dan.

AGRADECIMIENTO

- ❖ *Agradezco a Dios por ser mi principal proveedor en el crecimiento de una formación espiritual y profesional. Por cada una de las personas que puso en mi camino durante este proceso.*

- ❖ *A la Escuela profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias y a su plana docente, quienes contribuyeron en mi formación profesional brindando sus conocimientos obtenidos.*

- ❖ *Expreso mis más sinceros agradecimientos a mis padres y hermanas por apoyarme incondicionalmente, enseñarme, comprenderme y darme cariño durante todo este tiempo.*

- ❖ *Expreso mi más sincero agradecimiento a la Mag. Rosario Esther Tarazona Minaya y al Mag. Julio Constantino Inti Barreto por su asesoramiento incondicional y la oportunidad brindada.*

Índice General

Resumen.....	1
Abstract.....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.1.1. Locales o Regionales.....	5
2.1.2. Nacionales.....	5
2.1.3. Internacionales.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	7
2.2.1. Granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	7
2.2.2. Pectina.....	12
2.2.3. Reología de fluidos alimentarios.....	24
2.3. BASES CONCEPTUALES.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....	32
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	32
3.2.1. Materia prima.....	32
3.2.2. Insumos.....	32
3.2.3. Materiales de laboratorio.....	33
3.2.4. Equipos de laboratorio.....	33
3.2.5. Otros.....	34
3.3. MÉTODOS.....	35
3.3.1. Técnica de recolección de datos.....	35
3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	35
3.4.1. Evaluación de la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	38
3.4.2. Extracción de pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>), utilizando el método de hidrólisis ácida.....	42
3.4.3. Evaluación de las características físico-químicas de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	46
3.4.4. Evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>) a diferentes concentraciones y temperaturas de los tratamientos del estudio y selección del mejor tratamiento.....	48
3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO.....	49
3.5.1. Contrastación de hipótesis.....	49
3.5.2. Pruebas paramétricas.....	50

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1. Evaluación de la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	53
4.1.1. Caracterización física de la cáscara de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	53
4.1.2. Caracterización físico-química del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	53
4.1.3. Acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	56
4.2. Extracción de pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>), utilizando el método de hidrólisis ácida.....	59
4.2.1. Pruebas preliminares.....	59
4.2.2. Prueba final del proceso de extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	67
4.3. Evaluación de las características físico-químicas de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	71
4.3.1. Humedad (%).....	71
4.3.2. Cenizas (%).....	72
4.3.3. Alcalinidad de cenizas o porcentaje de carbonato (%AC).....	73
4.3.4. Peso equivalente (PE).....	74
4.3.5. Contenido de metoxilos (%Me).....	74
4.3.6. Contenido de ácido galacturónico (%AG)	75
4.3.7. Grado de esterificación (%GE)	76
4.3.8. Grado de gelificación (°SAG) y tiempo de gelificación.....	77
4.4. Evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>) a diferentes concentraciones y temperaturas de los tratamientos del estudio y selección del mejor tratamiento.....	78
4.4.1. Comprobación de supuestos para pruebas paramétricas.....	85
4.4.2. Pruebas paramétricas.....	88
4.4.3. Selección del mejor tratamiento en la viscosidad de la pectina de granadilla.....	94
4.4.4. Comprobación de contrastación de hipótesis.....	96
V. CONCLUSIONES.....	97
VI. RECOMENDACIONES.....	98
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
VIII. ANEXOS.....	106
HOJA DE VIDA.....	124

Índice de Tablas

Nro.....	Pág.
01. Clasificación taxonómica de la granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	7
02. Análisis físico-químicos de la cáscara de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)....	8
03. Análisis físico-químicos del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	12
04. Tiempo de gelificación de la pectina.....	21
05. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales.....	22
06. Distintos tipos de geles de pectina en diversos productos alimentarios.....	23
07. Tipo de fluidos con comportamiento no newtoniano.....	25
08. Modelos reológicos más utilizados para fluidos alimentarios.....	26
09. Viscosidad aproximada a T° y P _{amb}	27
10. Tipos de viscosidad.....	28
11. Variables que afectan a la viscosidad.....	29
12. Etapas para la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>) a diferentes concentraciones y temperaturas.....	37
13. Modelo del análisis de varianza del diseño factorial A x B.....	50
14. Composición de la cáscara de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	53
15. Características físico-químicas del albedo de granadilla.....	54
16. Descripción de actividades con tiempos en el proceso de acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	58
17. Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio.....	59
18. Hidrólisis con diferentes relaciones de cáscara/agua acidulada.....	61
19. Hidrólisis agregando la muestra en frío y caliente.....	63
20. Observación de la precipitación con alcohol acidulado a pH 3.....	65
21. Valores del secado de la pectina a diferentes temperaturas.....	66
22. Descripción de actividades con tiempos en el proceso de extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	70
23. Características físico-químicas de la pectina de granadilla y pectina comercial comparadas con la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) y FAO (1978).....	71
24. Análisis de varianza del contenido de humedad.....	72
25. Análisis de varianza de la cantidad de cenizas.....	73
26. Análisis de varianza del contenido de la alcalinidad de cenizas.....	73
27. Análisis de varianza de la cantidad de peso equivalente.....	74
28. Análisis de Varianza del contenido de metoxilo.....	75
29. Análisis de Varianza del porcentaje de ácido galacturónico.....	76
30. Análisis de varianza de la cantidad del grado de esterificación.....	76

31. Evaluación del grado de gelificación de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	77
32. Resultados finales del grado de y tiempo de gelificación de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	77
33. Ecuaciones de los modelos reológicos en función a las diferentes concentraciones y temperaturas de la pectina de granadilla y pectina comercial....	79
34. Comparación de los valores de la viscosidad (Pa.s) de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>) y la pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.....	81
35. Modelos reológicos para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.....	83
36. Método de Levene para la viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial.....	88
37. Análisis de varianza de la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	89
38. Prueba de significancia de Tukey para la concentración.....	92
39. Prueba de significancia de Tukey para la temperatura.....	92
40. Prueba de significancia de Tukey para la interacción concentración x temperatura.....	93
41. Correlación de Pearson de las variables de estudio.....	94
42. Contrastación de hipótesis para la determinación de los factores de estudio.....	96

Índice de Gráficos

Nro.....	Pág.
01. Partes del fruto de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	9
02. Estructura química de la pectina.....	13
03. Diagrama de flujo cualitativo para la extracción de la pectina comercial.....	14
04. Representación de un fluido newtoniano.....	24
05. Diseño experimental para la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla a diferentes concentraciones y temperaturas.....	36
06. Diagrama de flujo cualitativo para el acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	40
07. Diagrama de flujo cualitativo para la extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	44
08. Diagrama de flujo cuantitativo para el acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	56
09. Diagrama de proceso para el acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	57
10. Rendimientos del albedo acondicionado con y sin epicarpio.....	60
11. Rendimientos vs proporción de albedo: agua acidulada.....	62
12. Rendimiento agregando el albedo en frío y caliente.....	64
13. Concentraciones de alcohol utilizadas en la solución péctica.....	65
14. Rendimientos vs temperaturas de secado.....	67
15. Diagrama de flujo cuantitativo para la extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	68
16. Diagrama de proceso para la extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	69
17. Viscosidad para la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.....	82
18. Índice de comportamiento de flujo para la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.....	84
19. Prueba de independencia de observaciones para viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial	86
20. Prueba de normalidad para viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial	87
21. Diagrama de Pareto estandarizados para los factores experimentales.....	90
22. Diagrama de efectos individuales para los factores experimentales.....	91
23. Selección del mejor tratamiento para la viscosidad de la pectina de granadilla.....	95

Índice de Anexos

Nro.....	Pág.
01. Informe de análisis físico-químicos del albedo de granadilla.....	106
02. Imágenes del proceso de acondicionado del albedo de granadilla.....	107
03. Informe del análisis de la humedad del albedo seco de granadilla.....	109
04. Imágenes de las pruebas preliminares de la extracción de la pectina.....	110
05. Imágenes para la extracción de la pectina de granadilla.....	112
06. Valores obtenidos de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>) por extracción.....	114
07. Informe de análisis físico-químicos de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	115
08. Ficha técnica de la pectina cítrica comercial.....	117
09. Imágenes de las análisis físico-químicos de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	119
10. Imágenes para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.....	121
11. Imágenes de la curva de fluidez del esfuerzo cortante versus ritmo cortante del mejor tratamiento de la viscosidad de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>).....	123

Resumen

La presente investigación es el resultado del estudio de la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) a diferentes concentraciones y temperaturas. Etapa I, se realizó las características físicas de la cáscara de granadilla: 74.17% epicarpio, 23.20% albedo y 2.63% endocarpio, las características físico-químicas del albedo de granadilla: humedad 88.93%, cenizas 1.97%, acidez titulable 0.76%, sólidos totales 11.07%, sólidos solubles 14°Brix, 0.92% proteínas, 6.04% carbohidratos, 18.42 índice de madurez y un rendimiento en base seca de 4.63%. Etapa II, se determinó la extracción de la pectina a pH 2, temperatura 87°C y tiempo 90 minutos mediante hidrólisis ácida, con un rendimiento del 6.23%. Etapa III, se caracterizó físico-químicamente la pectina obteniéndose: humedad 9.15%, cenizas 1.74%, alcalinidad de cenizas 1.64%, peso equivalente 1309.52 g/eq, contenido de metoxilo 8.06%, ácido galacturónico 67.1%, grado de esterificación 74.82% y grado de gelificación 145°SAG. Etapa IV, se determinó los factores y sus niveles que influyeron significativamente ($p < 0.05$) en la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla, siendo el mejor tratamiento T₅ a viscosidad de 1.204 Pa.s y observando que la viscosidad aumenta con la concentración y disminuye al aumentar la temperatura.

Palabras Claves: albedo, concentración, pectina, temperatura, viscosidad

Abstract

The present investigation is the result of the study of the viscosity evaluation of the granadilla pectin (*Passiflora Ligularis Juss*) at different concentrations and temperatures. Stage I, the physical characteristics of the granadilla peel were performed: 74.17% epicarp, 23.20% albedo and 2.63% endocarp, the physico-chemical characteristics of albedo of granadilla: humidity 88.93%, ashes 1.97%, titratable acidity 0.76%, solids total 11.07%, soluble solids 14 ° Brix, 0.92% proteins, 6.04% carbohydrates, 18.42 maturity index and a dry base yield of 4.63%. Stage II, the pectin extraction was determined at pH 2, temperature 87 ° C and time 90 minutes by acid hydrolysis, with a yield of 6.23%. Stage III, pectin was characterized physico-chemically obtaining: humidity 9.15%, ash 1.74%, ash alkalinity 1.64%, equivalent weight 1309.52 g / eq, content of methoxyl 8.06%, galacturonic acid 67.1%, degree of esterification 74.82% and degree of gelation 145 ° SAG. Stage IV, the factors and their levels that significantly influenced ($p < 0.05$) in the evaluation of the viscosity of the granadilla pectin were determined, being the best T₅ treatment at a viscosity of 1,204 Pa.s and observing that the viscosity increases with the concentration and decreases with increasing temperature.

Keywords: albedo, concentration, pectin, temperature, viscosity

I. INTRODUCCIÓN

La granadilla es una fruta utilizada en la industria alimenticia y como efecto de está se tiene una gran cantidad de residuos de cáscara y semillas, que pueden ser reutilizados en la extracción de pectina, con estas afirmaciones se tuvo como alternativa el uso del albedo de granadilla, con el fin de darle un valor agregado al sub producto; así como disminuir la contaminación ambiental y contribuir al desarrollo de la ciencia de los alimentos.

La pectina es uno de los principales constituyentes estructurales de la pared celular de las plantas. Su importancia radica en la formación de geles, que se utilizan en la producción de mermeladas, confitería, gomas, etc., y además de la fuente de extracción se obtienen pectinas con diferentes características físico-químicas y propiedades reológicas.

La viscosidad es una característica reológica importante ya que permite evaluar el tipo de fluido y el comportamiento del mismo. La simplicidad del método de análisis y los equipos implicados hacen que la viscosimetría sea una técnica fácil de ejecución en cualquier laboratorio, tanto en el nivel académico como en lo industrial.

Por lo expuesto, en la presente investigación, el objetivo general fue determinar la influencia significativa de la concentración y temperatura en la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), cuyo método de investigación fue experimental y la metodología empleada se basó en la evaluación de las características físicas de la cáscara de granadilla a rendimiento de 74.17% epicarpio, 2.63% endocarpio y 23.20% albedo con análisis físico-químicos de 0.92% proteínas, 88.93% humedad, 1.97% cenizas, 6.04% carbohidratos, 0.76% acidez titulable, 11.07% sólidos totales, 14°Brix sólidos solubles, 18.42 índice de madurez y un rendimiento en base seca de 4.63%, además se

ejecutó la extracción de la pectina de granadilla, obteniendo un rendimiento de 6.23% a pH 2, temperatura 87°C y tiempo 90 minutos cuyas características físico-químicas fueron humedad 9.15%, cenizas 1.74%, alcalinidad de cenizas 1.64%, peso equivalente 1309.52 g/eq, contenido de metoxilo 8.06%, ácido galacturónico 67.1%, grado de esterificación 74.82% y grado de gelificación 145°SAG; por último se determinó que los factores de estudio influyeron significativamente ($p < 0.05$) en la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla, donde se seleccionó que el mejor tratamiento es T₅ a viscosidad de 1.204 Pa.s y concluyendo que la viscosidad aumenta en proporción con la concentración y disminuye a medida que aumenta la temperatura, con lo cual se afirma que el fluido es pseudoplástico; es decir, el índice de comportamiento de flujo es menor a 1.

Para ello se planteó cuatro objetivos específicos:

- Evaluar la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).
- Extraer la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) mediante hidrólisis ácida.
- Caracterización físico-química la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).
- Evaluar la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) a diferentes concentraciones y temperaturas y selección del mejor tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Locales o Regionales

Estrada *et al.* (2004) en la tesis “*Estudio del comportamiento reológico de la pectina del bagazo de melocotón (Pfirsiich)*”, exponen que los parámetros para la extracción fueron: 86°C, pH 1.5 y 78 min, con un rendimiento del 11.09%, además se confirmó que a concentración del 0.85% a 25°C, 55°C y 90°C, la pectina se ajustó a los modelos de Ostwald y Herschel-Bulkley con un índice de comportamiento de flujo (η) menor a 1, es decir un fluido con comportamiento pseudoplástico, al 2.0% el fluido es considerado un plástico bringham y a 0.1% no llega a ser un fluido no newtoniano, debido a que el reómetro no leyó los datos adecuadamente y se observó un aumento de la viscosidad en relación a su concentración y una disminución al incrementar la temperatura.

2.1.2. Nacionales

León y Riveros (2014) en la investigación de “*Extracción y Caracterización química de las pectinas de las cáscaras del Maracuyá Amarillo (Passiflora Edulis, Var Flavicarpa Degener), Granadilla (Passiflora Ligularis Juss) y Tumbo Serrano (Passiflora Mollísima Bailey)*”, las pruebas preliminares que se realizaron son: hidrólisis de las frutas acondicionadas con y sin epicarpio, hidrólisis con temperatura de 50°C y 95°C, hidrólisis agregando la muestra en frío y caliente, hidrólisis agregando la muestra acondicionada con y sin secado, hidrólisis con el mesocarpio y el endocarpio de la fruta, hidrólisis con diferentes

relaciones cáscara/agua acidulada, precipitación de pectina usando diferentes concentraciones de alcohol acidulado, secado de la pectina a diferentes temperaturas y caracterización de la pectina.

Chasquibol *et al.* (2008) en el estudio llamado “*Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana*”, consistió en la extracción y caracterización de las pectinas de los frutos del níspero de la sierra (*Nespilus germánica*) y de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), con características químicas de ácido galacturónico 87.97%, 85.99%, peso molecular 10183.5, 16366.96, grado de metoxilación 89.15%, 88.24%, esterificación 86.24%, 88.79% y viscosidad 1.49, 1.85, respectivamente.

2.1.3. Internacionales

Alfonso (2010) en el informe “*Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de Citrus Paradisi (Gray Fruit)*”, manifiesta que se obtiene un rendimiento de 16.69% al trabajar con 70°C, pH 1.2 y 80 min; Stargraphic nos dice que el factor temperatura y el factor tiempo son importantes. Para pectinas con metoxilo de grado farmacéutico se trabajó a 40°C, pH 1.2 y de tiempo independiente, Stargraphic nos dice que es más importante el pH que el tiempo; igualmente ocurre con el porcentaje de ácido galacturónico son importantes el pH y la temperatura. Las pectinas de mayor viscosidad se obtienen a 40°C, pH 2.6 y tiempo alto, Stargraphic determina que es importante el pH y el tiempo.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Es una baya de forma esférica u ovoide de 5.7-8.9 cm de longitud por 5.1-8.2 cm de diámetro con una cáscara de consistencia dura, lisa y cerosa de 5-6 mm de espesor y un peso que varía entre 100-180 gr (Arias, 2014).

a. Descripción Taxonómica de la granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Arias (2014), expresa que el fruto pertenece al género Passifloraceae y su clasificación taxonómica fue realizada por A.L. de Juss (tabla 01) durante la Real expedición del Nuevo reino de Granada en 1865.

Tabla 01. Clasificación taxonómica de la granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Reino	Vegetal
Subreino	Espermatophyta
División	Angiosperma
Clase	Dicotiledonea
Subclase	Archiclamydae
Orden	Parietales
Suborden	Flacaurtiineas
Familia	Passifloraceae
Género	Passiflora
Especie	Ligularis

Fuente: Rivera *et al.* (2002)

b. Cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Carbajal (2014), señala que la cáscara de granadilla es una fuente de dieta de los animales de la especie vacuna por su alto contenido de proteínas, calorías y fibra, cuyos resultados se muestran en la tabla 02.

Tabla 02. Análisis físico-químicos de la cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Parámetro analizado	Unidad	Cáscara de granadilla
Humedad	%	2.29
Cenizas	%	4.52
Grasa total	%	0.42
Proteína total	%	4.37
Carbohidratos	%	88.40
Fibra bruta	%	50.77
Calorías	kcal/1000gr	374.86

Fuente: Carbajal (2014)

Valores inferiores a la tabla 02, es por las características físico-químicas del albedo y tiempo de secado de la muestra (Guidi y Arandia, 2010).

c. Partes de la cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

León y Riveros (2014), dicen las partes de la cáscara de granadilla son: epicarpio 17.50%, albedo 24.40%, endocarpio 4.51%; además Espinosa *et al.* (2015), alude que a resultados menores es a causa del tamaño de muestra y estado de madurez fisiológico del fruto.

- **Epicarpio**

Es una cubierta natural delgada de consistencia cerosa que protege el fruto de cambios bruscos de temperatura (Malca, 2001).

- **Endocarpio**

Es una fina membrana blanca que alberga de 200 a 250 semillas en vueltas en un arilo grisáceo, traslucido, mucilaginoso y acidulado que constituye la parte comestible (Rivera *et al.*, 2002).

- **Albedo o mesocarpio**

Rivera *et al.* (2002), dicen que el albedo es esponjoso, blanco, seco de 5 mm de grosor, favorece el almacenamiento; y con un rendimiento en base seca de 5.21% (León y Riveros, 2014).

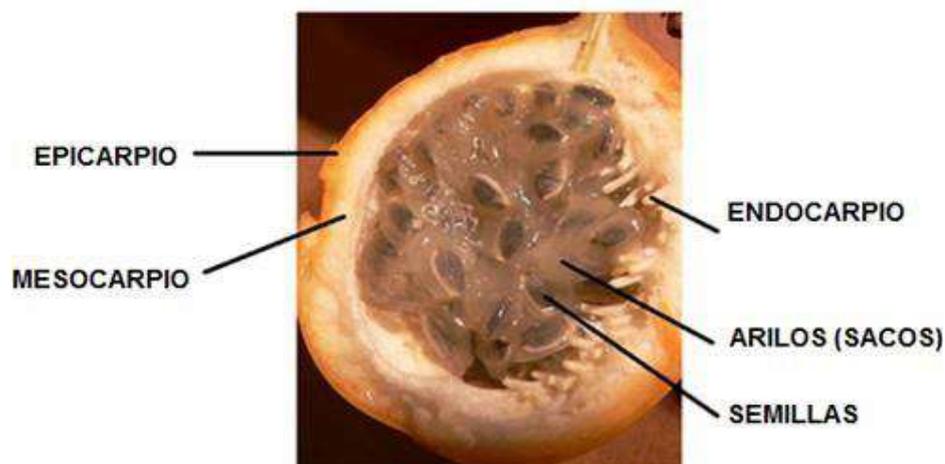


Gráfico 01. Partes del fruto de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)
Fuente: León y Riveros (2014)

d. Características físico-químicas del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Las características físico-químicas del albedo, se describen a continuación:

- **Humedad (%)**

Se basa en la pérdida de peso que experimenta una porción inicial luego de ser sometido a una operación de secado; no obstante, las posibilidades de diferencia es originada por la reacción de Maillard que se produce por la interacción de los aminoácidos y azúcares que liberan agua durante la deshidratación a temperaturas elevadas (Barazarte, 2006).

- **Cenizas (%)**

Es el residuo inorgánico que queda después de la ignición de la materia orgánica; en general, su contenido representa menos del 5% en materia seca. Por otra parte, cuando la cantidad es alta se debe a la presencia de adulterantes inorgánicos, contaminantes metálicos en el alimento, las cuales ocurren durante el proceso de producción (Márquez, 2014).

- **Acidez titulable (%)**

Es la cantidad de ácidos orgánicos disueltos en las vacuolas de la célula, ya sea en forma libre o combinada. Por otro lado, el ácido mayoritario en el albedo es el ácido cítrico y en menor concentración afecta el desarrollo morfológico y bioquímico del fruto en los factores climáticos de temperatura, suelo, altitud y humedad relativa (Espinosa *et al.*, 2015).

- **Sólidos totales (%)**

Es la materia que permanece como residuo luego de la evaporación y secado; sin embargo una reducción de la misma produce una ligera pérdida del material orgánico por volatilización (Carpio, 2007).

- **Sólidos solubles (°Brix)**

Los °Brix miden la cantidad de sacarosa presente en un alimento; pero un aumento de los sólidos solubles es una característica bien definida en la maduración, la cual es por el desdoblamiento de polisacáridos de mayor tamaño presentes en los almidones almacenados de las vacuolas y espacios intercelulares durante el crecimiento del fruto (Espinoza *et al.*, 2015).

- **Proteínas (%)**

Este método se basa en la determinación de la cantidad de nitrógeno orgánico en productos alimentarios; además la disminución del contenido, es debido a la inclusión de nitrógeno no proteico como parte de la proteína y la pérdida de nitrógeno durante la digestión incompleta de la muestra (Aurand *et al.*, 1987).

- **Carbohidratos (%)**

Nielsen (1998), manifiesta que los carbohidratos son compuestos en cuya estructura están átomos de carbono, hidrógeno y oxígeno. Así mismo por ser un dato que no ha sido ni cualificado y cuantificado conlleva ciertas variaciones ya sean por exceso o defecto de las determinaciones de los otros componentes (Banderas, 2012).

- **Índice de madurez**

Es el estado por el cual el fruto ha alcanzado su completo y apropiado proceso de maduración; a través del desarrollo se presenta un aumento en la relación; esto ocurre cuando la tasa respiratoria es máxima y se desdoblán sus reservas (ácidos orgánicos) como respuesta al incremento del metabolismo (Espinoza *et al.*, 2015).

La tabla 03 muestra, los valores de los análisis físico-químicos del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), citado por diferentes autores.

Tabla 03. Análisis físico-químicos del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Parámetro analizado	León y Riveros (2014)	Chasquibol <i>et al.</i> (2008)
Humedad (%)	-	87.74%
Cenizas (%)	-	1.96%
Acidez titulable (%)	0.88%	-
Sólidos totales (%)	12.28%	-
Sólidos solubles (°Brix)	13.50°Brix	-
Proteínas (%) Factor 6.25	-	0.54%
Carbohidratos (%)	-	6.05%
Índice de madurez	15.34	-

Fuente: León y Riveros (2014) y Chasquibol *et al.* (2008)

2.2.2. Pectina

La NTP 209.710 (INDECOPI, 2014), menciona que la pectina es el producto glucosídico gelatinizante purificado presente en los tejidos vegetales, especialmente en el mesocarpio de algunos frutos cítricos (*Citrus sp. Rutaceae*), manzanas, membrillos o de otras frutas.

a. Estructura química de la pectina

Guidi y Arandia (2010), señalan que tres estructuras son las que están involucradas en la formación de la molécula de la pectina (gráfico 2):

- Estructura formada por homogalacturanos (unión de 1D4 α -D-AGal).
- Estructura formada por xilogalacturanos (unión de ácido galacturónico y xilosa). Tanto los homogalacturanos como los xilogalacturanos son considerados en la sección lisa de la pectina.

- La última estructura está formada por ramnogalacturonanos, están son unidades de ácido galacturónico y ramnosa (Rha), a los cuales van unidas cadenas de arabinosa (Ara) y galactosa (Gal).

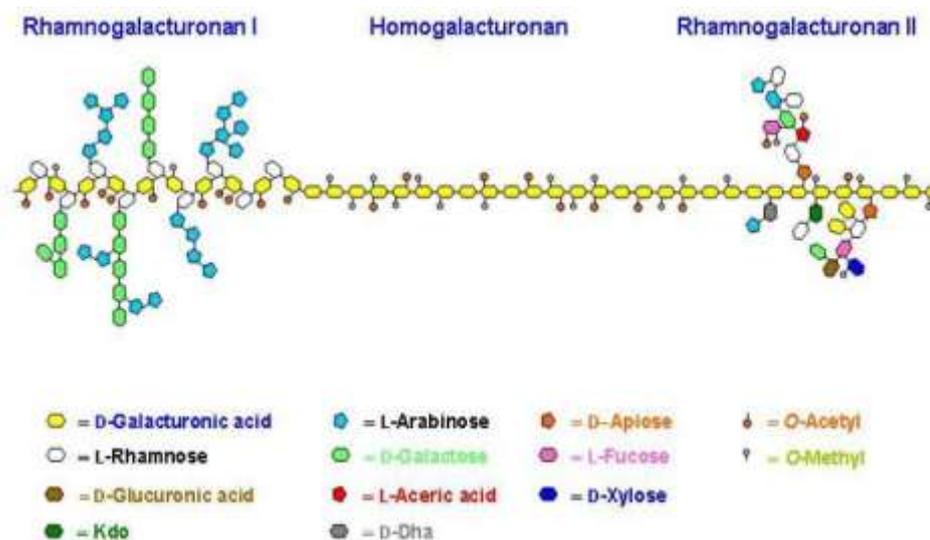


Gráfico 02. Estructura química de la pectina
Fuente: León y Riveros (2014)

b. Extracción de la pectina comercial

Barazarte (2006), expresa que la obtención de pectina se basa en la producción máxima del producto con características deseables y al mismo tiempo con costos mínimos. A nivel industrial las pectinas se extraen de cítricos y manzana; sin embargo en la actualidad existe un interés en el uso de desperdicios de las empresas industriales, tal es el caso del empleo en el albedo de granadilla, con rendimientos de 12.60% y 21.60% para León y Riveros (2014) y Chasquibol *et al.*, (2008), respectivamente.

En el gráfico 03, se representa el diagrama de flujo cualitativo para la extracción de la pectina comercial, reportada por León y Riveros (2014).

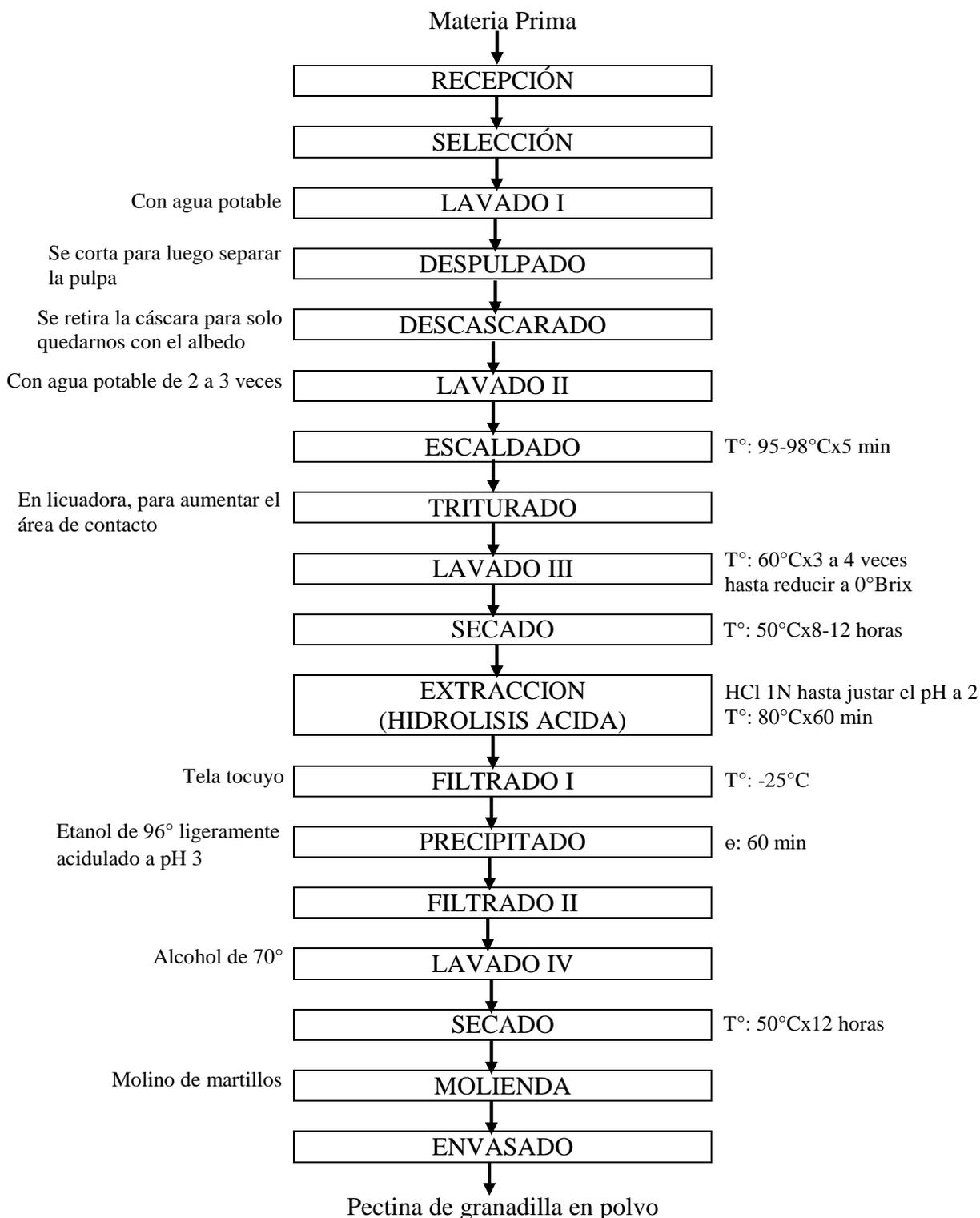


Gráfico 03. Diagrama de flujo cualitativo para la extracción de la pectina comercial
 Fuente: León y Riveros (2014)

c. Factores de la extracción de la pectina comercial

El proceso de la pectina se desarrolla con el acondicionamiento de la materia prima y la extracción de la misma; sin embargo cuando el rendimiento no es el ideal, es debido a los factores que influyen en cada operación unitaria, los cuales se detallan a continuación:

- **Grado de madurez**

Mendoza *et al.* (2017), señala que durante la maduración, los tejidos de los frutos presentan variación del contenido de pectina soluble. En estado inmaduro, la pectina está esterificada, lo que le confiere mayor rigidez al tejido; en procesos de extracción industrial, se buscan bajos estados de maduración y con alto metóxilo; no obstante, la acción de las enzimas sobre los tejidos convierte la protopectina en pectina soluble, ablandando los frutos y reducir la metoxilación, es decir, los residuos agroindustriales de cáscaras de frutos maduros son una fuente, en menor cantidad aprovechable, para la industria agroalimentaria.

- **Propiedades del fruto**

Chaparro (2015), afirma que el bajo rendimiento de la pectina es por los siguientes factores: el contenido de minerales, que afecta a las cenizas y alcalinidad, las características genéticas de la variedad, el órgano del fruto (cáscara, área central y albedo); y otras moléculas, que beneficia la formación de compuestos y la presencia de estructuras que acompañan a las pectinas y que llegan a afectar en el método de extracción usado.

- **Muestra de acopio**

Chaparro (2015), dice que la muestra no debe tener magulladuras y partes en estado de descomposición y de fermentación; además Barazarte (2006), menciona que la materia prima debe tener un procesamiento y transporte rápido una vez que se abre el fruto en el momento de la recolección, lo cual permite tener un buen rendimiento y buena calidad de la pectina.

- **Escaldado**

Gamboa (2009), establece que el escaldado tiene la finalidad de inactivar las enzimas pectinesterasas que hidrolizan los grupos éster metílicos, liberando metanol e inactivando las enzimas poligalacturonasas y eliminar microorganismos presentes en el albedo; con la finalidad de lograr una extracción más eficiente.

- **Triturado**

Devia (2002), define que el triturado incide en el rendimiento de la pectina, debido a que aumenta el área superficial de contacto con las partículas y facilita así el proceso de extracción.

- **Extracción de la pectina (hidrólisis ácida)**

Maldonado y Salazar (2010), recalca que en esta etapa se disuelve la pectina contenida en la materia prima mediante el contacto de la solución ácida; además Vargas y Gonzales (2002), recomienda trabajar con agua desmineralizada, es decir libre de metales pesados ni Ca y Mg que dificulten al proceso de purificación y rendimiento del producto.

- **Tiempo**

Maldonado y Salazar (2010), dicen que el tiempo favorable es de 30 a 120 min, con la finalidad de lograr un alto rendimiento en las unidades de gelificación. López (2013), sugiere a tiempos de 90 min, ya que a tiempos inferiores no se extrae buena cantidad de pectina.

- **Relación de cáscara/agua acidulada**

Véliz (1984), recomienda proporciones de 3 a 4 partes de agua por una parte de materia prima; pero a cantidades inferiores, el bagazo adsorbe la mayor cantidad de agua y ello dificulta la extracción; a mayor volumen de agua la extracción es más fácil.

- **Temperatura**

Maldonado y Salazar (2010), expresan que los valores son de 86-100°C; puesto que a temperaturas inferiores no se produce la hidrólisis y solubiliza la pectina, a cantidades mayores aumenta la hidrólisis de los enlaces de la protopectina que pasa a pectina soluble provocando un incremento en el rendimiento (Durán *et al.*, 2010).

- **pH**

Maldonado y Salazar (2010), aconsejan trabajar a pH de 1.5-3.0; a pH muy bajos, hay una degradación de los grupos metoxilos aunque haya mayor rendimiento (López, 2013).

- **Precipitación**

Maldonado y Salazar (2010), recalca que las pectinas, después de haber sido sometidos a ebullición en agua acidulada, son precipitadas en alcohol o acetona. Esto se logra con sales de hidróxido amónico y sulfato de aluminio. Cuando la precipitación es con alcohol al 80% de la solución péctica, está forma hilos, fibras y masas esponjosas (Devia, 2012).

- **Lavado**

Devia (2002), indica que el aspecto final de la pectina depende del lavado, considerando el grado de impureza que contiene y que modifiquen su color. Además de eliminar materiales no urónico como: ramnosa, fucosa, etc y reducir el contenido de ceniza (León y Riveros, 2014).

- **Secado**

Devia (2002), recomienda trabajar a 40°C; ya que a temperaturas altas, la pectina sufre el proceso de degradación; dado por la ruptura de los enlaces de la separación del grupo oxidrilo del agua con el metóxilo, dando lugar a la desesterificación de la molécula por la formación del anión carboxilo y el catión metilo (Chasquibol *et al.*, 2008); pero a bajas temperaturas, sufre una caramelización indeseada (Durán y Honores, 2012).

- **Molienda y envasado**

Se debe realizar en forma continua después del secado, para obtener una pectina homogénea y envasarlos en recipientes cerrados, con el fin de evitar la oxidación y humedecimiento de la pectina (Gómez *et al.* 2001).

d. Características físico-químicas de la pectina

Las características físico-químicas de la pectina son las siguientes:

- **Humedad (%)**

Es el contenido de agua en la pectina, y una disminución de la misma contribuye a la estabilidad, mayor tiempo de vida útil y menos posibilidades del desarrollo de microorganismos (Cabarcas *et al.*, 2012).

- **Cenizas (%)**

Son las impurezas inorgánicas que quedan al incinerar la muestra y mide la calidad de la pectina; no obstante, un aumento de la característica en la pectina comercial, es debido al proceso de estandarización en la adición de azúcares, citrato de sodio y fosfato de sodio (Barazarte, 2006).

- **Alcalinidad de cenizas o porcentaje de carbonato (%AC)**

Gómez *et al.* (2001), mencionan a la alcalinidad de cenizas como la cantidad de carbonatos alcalinos o bases presentes en la pectina; y un alto contenido en la pectina comercial se debe a la mezcla de la pectina con azúcar, lo cual evita la tendencia a formar grumos debido a su gran tendencia higroscópica (Luján, 2008).

- **Peso equivalente (PE)**

Es el número de gramos de ácido poligalacturónico puro por equivalente de grupos carboxilos libres (Nizama, 2015). Además una disminución se debe a la degradación parcial de la pectina generado por la fragmentación

de las cadenas de los ácidos galacturónicos, que representa un menor peso molecular y por ende bajo peso equivalente (Molina 2016).

- **Contenido de metoxilos (%Me)**

Galeas (2015), informa que es el total de grupos carboxílicos en forma de éster metílicos en la molécula de la pectina desempeñando un papel en la formación de geles. Además una reducción del contenido es propio de la composición química del fruto y al agente de extracción, que incitaron el rompimiento de esteres metílicos y en efecto, causa una disminución del contenido de metoxilo (Arellanes, 2011).

López (2013), menciona que la pectina se ha dividido en dos grupos: alto metoxilo con 55-88% de grupos carboxílicos esterificados y bajo metoxilo de 18-45% de esterificación.

- **Contenido de ácido galacturónico (%AG)**

Nizama (2015), afirma que el ácido galacturónico es para definir la fuerza del precipitado y comprobar la pureza del producto. Valores inferiores, son indicativo que ha ocurrido una fragmentación de la pectina, ya sea por hidrólisis o acción enzimática; debido a los azúcares estandarizantes y sales buffers usadas para su normalización (León y Riveros, 2014).

- **Grado de esterificación (%GE)**

Chasquibol *et al.* (2008), señalan que el grado de esterificación está relacionado con el tipo de gel. A mayor grado de esterificación mayor serán las interacciones hidrofóbicas, por los que el gel será más fuerte;

pero a bajas cantidades es por las reacciones con ácidos diluidos, álcalis o medios enzimáticos, que actúan sobre el grupo metil éster originando un proceso de desesterificación (Barazarte, 2006).

- **Grado de gelificación (°SAG) y tiempo de gelificación**

Álvarez (2007), define al grado de gelificación como la cantidad de gramos de azúcar que necesita un gramo de pectina para formar un gel firme, bajo condiciones de acidez y sólidos solubles; a este proceso se denomina graduación de la pectina y sus unidades son los grados SAG. Las pectinas comerciales de buena calidad tienen grados de gelificación entre 130°SAG y 150°SAG.

Galeas (2015), dice que el tiempo de gelificación está relacionado con el grado de esterificación es decir es directamente proporcional a la velocidad de gelificación, por tanto las pectinas de elevado grado de esterificación el tiempo de formación de gel es menor, tabla 04.

Tabla 04. Tiempo de gelificación de la pectina

Tipo de pectina	Grado de esterificación (%)	Tiempo de gelificación (seg)
De gelificación rápida	>72	20-70
De gelificación normal	64-72	100-135
De gelificación lenta	<64	180-250

Fuente: Galeas (2015)

Nizama (2015), afirma que para el cumplimiento de pectinas comerciales de buena calidad debe cumplir ciertas especificaciones oficiales de pureza, los cuales se desarrollan en la siguiente tabla.

Tabla 05. Especificaciones oficiales de pureza para pectinas comerciales

Características	FAO (1978)	FCC (1981)	EEC (1978)	NTP 209.710 (INDECOPI, 2014)
Humedad	Máx 12%	Máx 12%	Máx 12%	Máx 10%
Cenizas totales	-	Máx 10%	-	Máx 4%
Cenizas ácido insolubles	Máx 1%	Máx 1%	Máx 1%	Máx 0.4%
Alcalinidad de cenizas	-	-	-	Máx 3.6%
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%	-
Peso equivalente	-	-	-	Min 1000mg/meq
Ácido galacturónico	Min 65%	-	Min 65%	Min 78%
Total de anhidrogalacturónico en el contenido de pectina	-	Min 70%	-	-
Grado de amidación pectina amidada	Máx 25%	Máx 40%	Máx 25%	-
Grado de esterificación HM	-	Min 50%	-	Min 50%
Grado de esterificación LM	-	Min 50%	-	Min 50%
Metoxilos	-	-	-	Min 7%
Arsénico ppm	Máx 3	Máx 3	Máx 3	10 ppm
Metales pesados ppm	-	Máx 40	-	20 ppm
Grado de gelificación	-	-	-	80 (pectinas sólidas) 10 (pectinas líquidas)

FAO: Food and Agriculture

FCC: Food Chemicals Codex

ECC: Environmental Export Council

NTP: Norma técnica peruana

Fuente: Nizama (2015)

e. Aplicaciones en la industria alimentaria

Cabarcas *et al.* (2012), indican que la formulación del producto depende de las proporciones de pectina, seguidamente se detalla cada uno de ellos:

Tabla 06. Distintos tipo de geles de pectina en diversos productos alimentarios

Tipos de productos	Textura o apariencia	% típico de sólidos solubles	pH típico	Tipo de pectina y concentración típica (%)
Mermelada				
Ordinaria	Gel con fruta suspendida	60-70	3.0-3.3	0.2-0.5, AE
Baja en azúcar		30-55	3.1-3.5	0.5-0.8, AE
Jalea de fruta				
Ordinaria	Gel brillante	60-70	3.0-3.3	0.4-0.8, AE
Baja en azúcar		30-55	3.1-3.5	0.6-1.0 BE
Geles de confitería				
Saborizada con fruta	Gel firme	78	3.5	0.85-1.25 g.r. AE
No saborizada		78	4.2-4.8	2.0-2.5 BE
Mermeladas o jaleas para panificación				
Resistente al calor	Gel	65-75	3.3	0.6-1.0 g.r. AE
Resistente al calor	Gel	45-75	3.5	0.6-1.0 n.a. BE
Termorreversible	Gel	64-65	3.3-3.6	0.8-1.5 a. BE
Gelificación fría	Gel	6	4.0	0.7 g.r. AE
Preparado de fruta para productos lácteos				
Bases frutadas	Semi gel/tixotrópico	30-65	3.6-4.0	0.3-0.6 BE
Jarabes para aderezar helados u otros productos				
Jarabes	Tixotrópico	55-65	3.0-4.0	0.3-0.6 BE
Productos alimenticios bajo en contenido de pectina				
Resistente al calor	Gel	65-75	3.3	1.5-2.0 g.r. AE

AE: Pectina de alto grado de esterificación

BE: Pectina de bajo grado de esterificación

g.l. A.E: Pectina de alto grado de esterificación gelificación lenta

g.r. A.E: Pectina de alto grado de esterificación gelificación rápida

a. BE: Pectina de bajo-éster amidada

n.a. BE: Pectina de bajo-éster no amidada

Fuente: Cabarcas *et al.* (2012)

2.2.3. Reología de fluidos alimentarios

Es la ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas (Pagán, 2000).

a. Comportamiento independiente del tiempo

Son aquellos fluidos cuyo comportamiento solo depende del esfuerzo cortante y de la velocidad de deformación. Este tipo de fluidos se clasifica en:

- **Comportamiento Newtoniano**

Estos fluidos cumplen con la ley de Newton, lo cual indica que es sometido a un esfuerzo cortante, es decir, es directamente proporcional a la gradiente de la velocidad de deformación, siendo la viscosidad la constante de proporcionalidad.

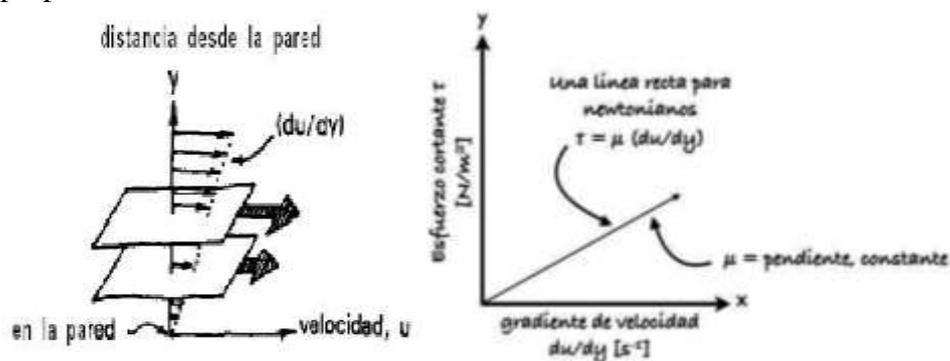


Gráfico 04. Representación de un fluido newtoniano
Fuente: Ramírez (2006)

- **Comportamiento no newtoniano**

Este tipo de fluido está caracterizado por la relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de deformación a una determinada temperatura; además este grupo engloba tres comportamientos diferenciados, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 07. Tipos de fluidos con comportamiento no newtoniano

Tipo de fluido	Características	Ejemplos
Fluidos plásticos	Son aquellos fluidos que requieren un esfuerzo mínimo para empezar a fluir. Ese esfuerzo mínimo se conoce como umbral de esfuerzo o umbral de fluencia (σ_0). Por debajo del umbral de fluencia el producto exhibe características como de sólido. Una vez superado ese umbral de fluencia, se comporta como un fluido.	Están presentes en la leche, gelatina, soluciones concentradas de azúcar en agua, suspensiones de almidón de maíz o de arroz.
Fluidos pseudoplásticos (Shear thinning)	Estos fluidos se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de deformación. Este comportamiento indica una ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo, y es debido por la presencia de sustancias de alto peso molecular.	Se encuentran en los purés de frutas y vegetales, zumos de frutas concentrados clarificados, concentrados de proteínas, yema de huevo con sal, etc.
Fluidos dilatantes (Shear thickening)	En este tipo de fluido su viscosidad aparente aumenta al hacerlo la velocidad de deformación, entonces la dilatancia es la formación o reorganización de la estructura de la muestra, dando como resultado un aumento en la resistencia al aplicar una fuerza.	Este comportamiento se observa muy raramente, se ha observado en cierto tipo de miel y también en suspensiones de almidón cocinadas

Fuente: Pagán (2000) y Alfonso (2010)

- **Modelos reológicos para fluidos no newtonianos**

Pagán (2000), expresa que existen numerosas ecuaciones empíricas en el comportamiento reológico de fluidos no newtonianos y son los siguientes:

Tabla 08. Modelos reológicos más utilizados para fluidos alimentarios

Modelos reológicos	Características	Ecuación
Ostwald-Waele o Ley de potencia	Este modelo relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación.	Está dada por la expresión $\sigma = k \cdot \gamma^n$ Donde: K = Índice de consistencia n = Índice de comportamiento Sí n=1, el fluido es newtoniano, $\eta=k$. n>1, el fluido es dilatante. n<1, el fluido es pseudoplástico.
Herschel-Bulkley	Este modelo es una generalización de la ley de potencia.	Es la siguiente ecuación $\sigma = \sigma_0 + k_H \cdot \gamma^n$ Donde: σ_0 = Umbral de fluencia k_H = Índice de consistencia n = Índice de comportamiento Sí n=1, el fluido es newtoniano, $\eta=k$. n>1, el fluido es plástico dilatante. n<1, el fluido es pseudoplástico.
Steiger/Ory	Este modelo tiene los llamados coeficiente Steiger/Ory.	La ecuación es $\sigma = k_1 \gamma + k_2 \gamma^3 + \dots$ Donde: k_1 es 1/Pa.s; k_2 es 1/Pa ³ .s Sí n=1, el fluido es newtoniano, $\eta=k$. n>1, el fluido es plástico dilatante. n<1, el fluido es pseudoplástico.

Fuente: Pagán (2000)

b. Viscosidad

Ramírez (2006), afirma que la viscosidad está definida como la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, su representación es la siguiente:

$$\tau = \mu \cdot \gamma$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante (mPa)

μ = viscosidad (mPa.s)

γ = velocidad de deformación (s^{-1})

La tabla siguiente es una aproximación del valor de la viscosidad para sustancias muy conocidas a temperatura y presión ambientales.

Tabla 09. Viscosidad aproximada a T° y P_{amb}

Fluidos	Viscosidad aproximada (mPa.s)
Vidrio	10^{43}
Vidrio fundido	10^{15}
Betún	10^{11}
Polímeros fundidos	10^6
Miel líquida	10^4
Glicerol	10^3
Aceite de oliva	10^2
Agua	10^0
Aire	10^{-2}

Fuente: Ramírez (2006)

Por otra parte, la consistencia es un concepto análogo al de viscosidad, y que relaciona el esfuerzo de corte con el índice de deformación, ya que depende de la presión tangencial, y por lo tanto no es constante sino que puede variar entre amplios límites.

- **Tipos de viscosidad**

Existen tres tipos de viscosidad, estas se detallan a continuación:

Tabla 10. Tipos de viscosidad

Tipos de viscosidad	Características	Ecuación
Viscosidad cinemática	Es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad del fluido.	Se representa por la ecuación: $\eta_r = \frac{\eta_a}{\rho} = \left[\frac{\text{Poise}}{\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = \text{Stoke (St)} \right]$ Donde: η_r = Viscosidad cinemática η_a = Viscosidad dinámica ρ = Densidad
Viscosidad dinámica o absoluta	Es la propiedad del flujo en virtud de la cual este ofrece resistencia a las tensiones de cortadura, es decir representa la viscosidad dinámica del líquido y es un término muy utilizado para fines prácticos.	La ecuación es la siguiente: $\eta_a = \frac{F}{A} \cdot \frac{D}{v_0} = \left[\frac{\text{dina.seg}}{\text{cm}^2} = \text{Poise} \right]$ Donde: η_a = Viscosidad dinámica F = Fuerza tangencial A = Área o superficie D = Espesor de la lámina v_0 = Velocidad de la placa respecto a otra
Viscosidad aparente	Se define como el cociente entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación para fluidos no newtonianos.	Es la siguiente expresión: $\mu = \frac{\gamma}{\tau} \text{ [mPa]}$ Donde: μ = Viscosidad aparente γ = Esfuerzo cortante τ = Velocidad de deformación

Fuente: Ramírez (2006)

- **Variables que afectan a la viscosidad**

Ramírez (2006), resalta que la viscosidad está afectada por variables como son la concentración, temperatura, gradiente de velocidad, presión, etc; siendo los factores más importantes los siguientes:

Tabla 11. Variables que afectan a la viscosidad

Variables	Características
Variación de la viscosidad con la temperatura	La viscosidad aparente disminuye con la temperatura. Esto es debido a que al aumentar la temperatura, las fuerzas viscosas son superadas por la energía cinética, dando lugar a una disminución de la viscosidad. Por otra parte el índice de comportamiento de flujo no varía con la temperatura; aunque en algunos casos se ha detectado un aumento al incrementar la temperatura, pudiéndose pasar de un comportamiento pseudoplástico a newtoniano.
Variación de la viscosidad con la concentración	La viscosidad aparente implica un incremento con la concentración. Este comportamiento es al mayor contenido de sólidos totales en la dispersión, los cuales generan un incremento de la viscosidad debido a los movimientos intermoleculares producidas por la fuerza; además que puede afectar a otros parámetros como el umbral de fluencia que tiende a aumentar con la concentración a veces se ha descrito el efecto contrario. Por lo que respecta al índice de comportamiento de flujo, un aumento hace que no le afecte o bien que disminuya.

Fuente: Pagan (2000) y Ramírez (2006)

2.3. BASES CONCEPTUALES

- **Ácido galacturónico**, sirve para definir la fuerza del precipitado y comprobar la pureza del producto.
- **Albedo o mesocarpio**, es esponjoso, blanco, seco de 5 mm de grosor y favorece el almacenamiento.
- **Comportamiento no newtoniano**, este tipo de fluidos queda caracterizado por una simple relación entre el esfuerzo aplicado y la velocidad de deformación a una determinada temperatura.
- **Contenido de metoxilo**, es el total de grupos carboxílicos en forma de éster metílicos (-COOCH₃) en la molécula de la pectina desempeñando un papel importante en la capacidad de formar geles.
- **Fluidos pseudoplásticos**, se caracterizan porque su viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de deformación.
- **Grado de esterificación**, es aquella característica que está relacionado con la formación del tipo de gel.
- **Grado de gelificación**, es la cantidad de gramos de azúcar que necesita un gramo de pectina para formar un gel firme, bajo condiciones de acidez y sólidos solubles.
- **Granadilla**, es una baya de forma esférica u ovoide de 5.7-8.9 cm de longitud por 5.1-8.2 cm de diámetro con una cáscara de consistencia dura, lisa y cerosa de 5-6 mm de espesor y un peso que varía entre 100-180 gr.
- **Hidrólisis ácida**, en esta etapa se procura disolver la pectina contenida en la materia prima mediante el contacto de la solución ácida.

- **Modelo de Herschel-Bulkley**, este modelo es una generalización de la ley de potencia; de acuerdo a la expresión $\sigma = \sigma_0 + k_H \cdot \gamma^n$.
- **Modelo de Ostwald-Waele o ley de potencia**, este modelo relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación, según la expresión $\sigma = k \cdot \gamma^n$.
- **Modelo de Steiger/Ory**, este modelo tiene los llamados coeficiente Steiger/Ory, mediante la ecuación $\sigma = k_1 \gamma + k_2 \gamma^3 + \dots$.
- **Pectina**, es el producto glucosídico gelatinizante purificado presente en los tejidos vegetales, especialmente en el mesocarpio de algunos frutos cítricos (*Citrus sp. Rutaceae*), manzanas, membrillos o de otras frutas.
- **Peso equivalente**, es el número de gramos de ácido poligalacturónico puro por equivalente de grupos carboxilos libres.
- **Reología**, es la ciencia que estudia el flujo y las deformaciones de sólidos y fluidos bajo la influencia de fuerzas mecánicas.
- **Tiempo de gelificación**, está característica guarda relación con el grado de esterificación y es directamente proporcional a la velocidad de gelificación.
- **Variación de la viscosidad con la concentración**, este comportamiento es por el mayor contenido de sólidos totales en la dispersión, los cuales generan un aumento de la viscosidad en los movimientos intermoleculares producidos por la fuerza.
- **Variación de la viscosidad con la temperatura**, esto es porque conforme aumenta la temperatura, las fuerzas viscosas son superadas por la energía cinética, dando lugar a una disminución de la viscosidad.
- **Viscosidad**, es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo de esta investigación fue realizado en los siguientes ambientes:

- Laboratorios de Análisis de Alimentos y Luis Pasteur de la Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, se desarrolló la extracción y la calidad de la pectina de granadilla.
- Laboratorio COLECBI S.A.C, se realizó las características físico-químicas del albedo de granadilla, pectina comercial y pectina de granadilla.
- Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, se ejecutó la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia Prima

Cáscara de granadilla de la variedad valluna, de la empresa agroindustrial Delicias y Sabores del Perú de la ciudad de Casma, cuya cantidad utilizada fue 130 kg.

3.2.2. Insumos

- Pectina comercial Insumos & Soluciones de 1kg, se utilizó para comparar las características físico-químicas y la viscosidad de la pectina de granadilla.
- Ácido clorhídrico al 0.1 N, siendo la cantidad utilizada de 68.20 ml.
- Alcohol comercial de 96° y 70°, con cantidades empleadas de 19.10 lt y 5.00 lt, respectivamente.

3.2.3. Materiales de laboratorio

- Materiales de vidrio: probetas marca sanal de 500 ml, 50 ml, 10 ml, 5 ml, bureta marca mohr de 50 ml, pipetas graduadas pyrex de 5 ml, 10 ml, vasos de precipitado pyrex de 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml, matraces erlenmeyer con tapón pyrex de 100 ml, 200 ml, 300 ml, fiolas aforadas con tapón pyrex de 50 ml y 100 ml, placas petri pyrex, baguetas de 40 cm de longitud, crisoles de porcelana resistente a temperatura de 1000°C.
- Materiales de plástico: bateas, baldes 20lt, jarras 1lt y coladores de plástico.
- Termómetro de mercurio Luft -10°C a +110°C con diámetro de 300 mm.
- Pinzas, espátulas y bandejas de acero inoxidable.
- Ollas, cuchillos de cocina y cucharas de acero inoxidable.
- Tela de tocuyo y de punto.
- Destilador de agua y campana desecadora.
- Tapas de plástico y tablas de picar.
- Balón de gas GLP de acero con capacidad de 45 kg.

3.2.4. Equipos de laboratorio

- Reómetro digital R/S plus modelo Brookfield R/S-CC de velocidad 0.01-1.300 rpm, unidades cP, Pa.s, dynes/cm², Pa, °C, °F, máximo torque 100 mN.m, resolución de torque 0.15 µN.m, y software Rheo 3000.
- Potenciómetro marca Checker, modelo HI 98190-30 de 0-14 a 20°C.
- Mufla eléctrica marca Naber, modelo F1400, temperatura 1100°C.

- Baño maría marca Memmert, modelo WNB-7, temperatura 0°C-100°C.
- Estufa eléctrica marca Binder, modelo FD 23L, temperatura 300°C.
- Refractómetro marca Yieryi, modelo RHS-10ATC de 0-100°Brix a 20°C.
- Cocinilla marca METAL MECANIC, modelo semi industrial.
- Campana extractora de gases Cienytec, modelo EFD-4.
- Balanza analítica marca METTLER, modelo Ma 30 (0.001 – 200 gr.)
- Balanza eléctrica, marca BERKEL, modelo 1015, capacidad 5 Kg, sensibilidad de 0.5 g.
- Balanza tipo reloj, marca Valtox, modelo 310, capacidad 30 Kg, sensibilidad de 100 g.
- Cocinilla eléctrica marca Magefesa, modelo Dinamic Duo 8023.
- Molino tradicional marca San Ver, modelo 11707.
- Licuadora doméstica marca Oster, modelo 465-42, de 10 velocidades.
- Cocina a gas semi industrial marca Surge de 3 hornillas.
- Digestor micro Kjeldahl marca KDN modelo KDN-04C, muestra 0.2-2 gr.
- Equipo de titulación marca kem, modelo MKA-520.

3.2.5. Otros

- Reactivos para el análisis físicos-químicos: Fenolftaleína al 1%, NaOH al 1N y 0.25N, HCl al 0.25 N, anaranjado de metilo al 0.5% en agua destilada (indicador), Rojo de fenol o Hinton (indicador), azul de metilo, soluciones buffer de 4 y 7 para calibración del potenciómetro.

- Bolsas de polietileno de baja densidad
- Mesa de concreto enchapada con mayólica
- Papel aluminio y cronómetro
- Spindle CC-40

3.3. MÉTODOS

3.3.1. Técnica de recolección de datos

a. Información primaria

Para la recolección de datos del informe de tesis, se realizaron las mediciones y análisis respectivos en los Laboratorios de Análisis de alimentos y Luis Pasteur, tanto para el acondicionamiento del albedo como la extracción y caracterización de la pectina.

b. Información secundaria

Se obtuvo información de los artículos encontrados en la base de datos (Universia, Scielo, Redalyc, etc) y tesis de las universidades de la UNI, UNMSM, UNALM, etc., que contienen información relacionada y nos dan un amplio conocimiento con el tema de interés.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental aplicado para el trabajo de investigación fue de dos factores, es decir, un sistema de análisis A*B con tres réplicas, obteniendo un número de 12 tratamientos haciendo un total de 36 experimentos. El diseño experimental para el presente trabajo de investigación se muestra en el gráfico 05.

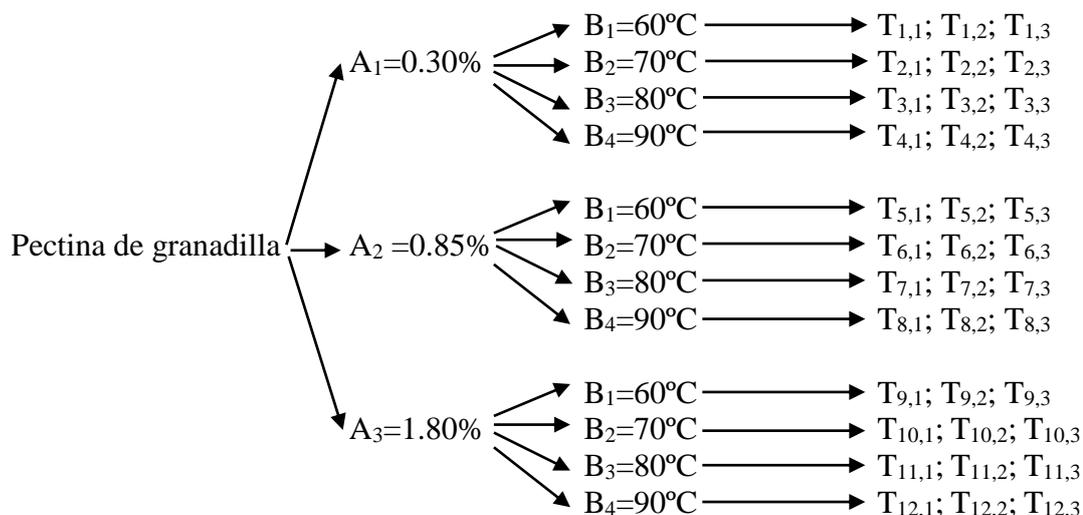


Gráfico 05. Diseño experimental para la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) a diferentes concentraciones y temperaturas

Fuente: Elaboración propia

Arreglo factorial: $3 \times 4 = 12$ tratamientos

Donde:

- Factor A: Concentración de la pectina (%)

$A_1, A_2, A_3 = 0.30\%, 0.85\%, 1.80\%$

Las concentraciones empleadas fueron de los diversos geles de los productos alimentarios de acuerdo a las referencias de Cabarcas *et al.* (2012), descritos en la tabla 06.

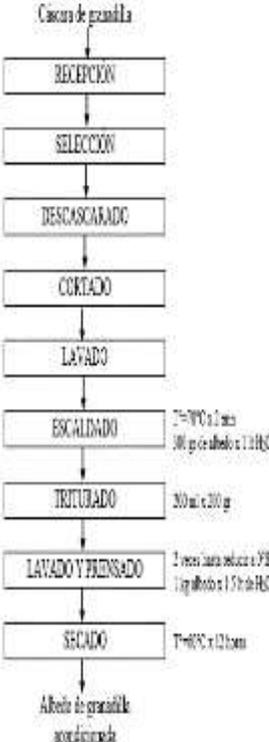
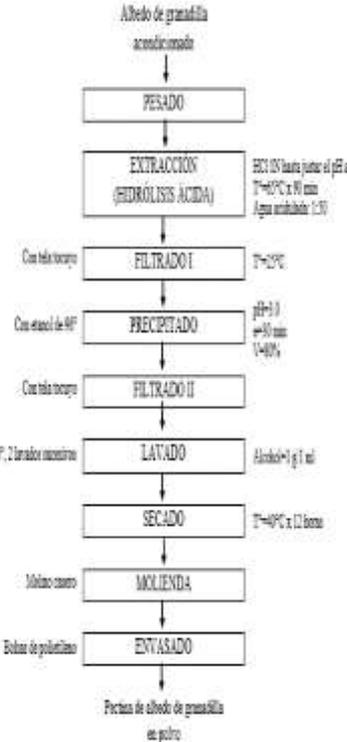
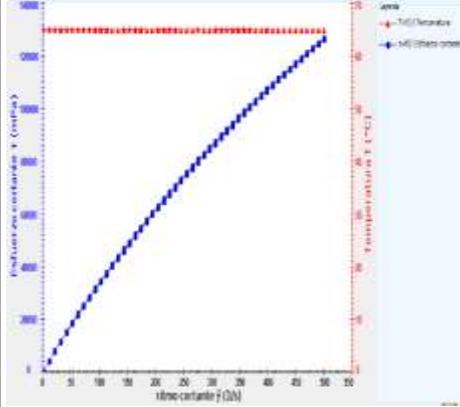
- Factor B: Temperatura de estabilidad de la pectina (°C)

$B_1, B_2, B_3, B_4 = 60^\circ\text{C}, 70^\circ\text{C}, 80^\circ\text{C}, 90^\circ\text{C}$

Las temperaturas indicadas se tomaron en base al estudio del comportamiento reológico de la pectina de bagazo de melocotón (*Pfirsich*), según Estrada (2011), mencionado en los antecedentes.

La metodología empleada se muestra en la tabla 12 y está constituido por las siguientes etapas de estudio:

Tabla 12. Etapas para la evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) a diferentes concentraciones y temperaturas

Etapa I Evaluación de la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)	Etapa II Extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>), utilizando el método de hidrólisis ácida	Etapa III Evaluación de las características físico-químicas de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)	Etapa IV Evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla a diferentes concentraciones y temperaturas de los tratamientos del estudio y selección del mejor tratamiento
<p>1.1. Características físicas de la cáscara de granadilla El rendimiento se realizó con el peso del epicarpio, endocarpio y albedo entre el peso total de la cáscara de granadilla.</p>	<p>1.3. Acondicionamiento del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)</p> 	<p>2.1. Pruebas preliminares</p> <p>a. Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio. b. Hidrólisis con diferentes relaciones albedo/agua acidulada c. Hidrólisis agregando el albedo en frío y caliente. d. Precipitación de la pectina usando diferentes porcentajes de alcohol acidulado. e. Secado de la pectina a diferentes temperaturas.</p>	<p>2.2. Prueba final del proceso de extracción de la pectina de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)</p> 
<p>1.2. Características físico-químicas del albedo de granadilla (<i>Passiflora Ligularis Juss</i>)</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinación de humedad Determinación de cenizas Determinación de acidez titulable Determinación de sólidos totales Determinación de sólidos solubles Determinación de proteínas Determinación de carbohidratos Índice de madurez 		<p>a. Humedad b. Cenizas c. Alcalinidad de cenizas d. Peso equivalente e. Contenido de metoxilo f. Ácido galacturónico g. Grado de esterificación h. Grado de gelificación y tiempo de gelificación</p> <p>Los resultados obtenidos se compararon con los valores de la pectina comercial.</p>	<p>La viscosidad de la pectina de granadilla se ajustó a los modelos reológicos de Ostwald, Hershel-Bulkley y Steiger Ory, cuyos parámetros estadísticos $\tau = k \cdot \gamma^n$, $\gamma = C_1\tau + C_2\tau^3$ y $\tau = \tau_0 + k \cdot \gamma^n$.</p>  <p>La selección del mejor tratamiento, se obtuvo mediante la comparación de la pectina comercial.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.4.1. Evaluación de la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

a. Caracterización física de la cáscara de granadilla

El cálculo se realizó con el peso del epicarpio, endocarpio y albedo obtenidos entre el peso total de la cáscara de granadilla, este procedimiento se efectuó en una balanza comercial marca Valtox.

b. Caracterización físico-química del albedo de granadilla

Se determinó la composición físico-química del albedo de granadilla con el fin de conocer su valor proteico y definir si es utilizado en la extracción de la pectina, los análisis ejecutados fueron los siguientes (anexo 01).

- **Determinación de humedad**, se pesó 5 gr de muestra por triplicado, luego fueron llevados a un secador de 105°C. El análisis se realizó según la NMX-F-289 (NORMEX, 1977).
- **Determinación de cenizas**, se pesó 2 gr de albedo por triplicado y se colocó a una mufla de 500-600°C hasta peso constante. El ensayo se determinó mediante la Norma UNE 64019 (AENOR, 1971).
- **Determinación de acidez titulable**, el análisis consistió en pesar 10 gr de muestra por triplicado y ser titulados con álcali de NaOH al 0.1 N e indicador de fenolftaleína, según la NMX-FF-011 (NORMEX, 1982).
- **Determinación de sólidos totales**, se realizó por el método de estufa: secado a 103°C x 1h con 5 gr de muestra por triplicado. El procedimiento se ejecutó por A.O.A.C (1990).

- **Determinación de sólidos solubles**, se usó un refractómetro a escala de 0-100°C, para este ensayo se usó 1 gota de muestra por triplicado. La metodología utilizada se basó a la normativa de A.O.A.C (1990).
- **Determinación de proteínas**, el ensayo usado fue Kjeldahl empleando el factor 6.25, el análisis se realizó con 1.5 gr de albedo por triplicado. El método ejecutado fue de Gafta 4:0 (A.O.A.C, 1990).
- **Determinación de carbohidratos**, el análisis se determinó mediante la diferencia de 100 y la suma de los resultados de la proteína, humedad, ceniza, grasa, fibra (A.O.A.C, 1990).
- **Determinación del índice de madurez**, este valor se calculó entre la división de los porcentajes de sólidos solubles y acidez total, siguiendo la metodología de Álvarez (2011).

c. Acondicionamiento del albedo de granadilla

Para la ejecución del proceso se utilizó 30.18 kg de muestra. Además se observa en el gráfico 06, el diagrama de flujo cualitativo para el acondicionamiento del albedo de granadilla, donde se describe el proceso realizado por cada operación unitaria (anexo 02) y el rendimiento del albedo seco de granadilla (albedo acondicionado/peso total de la cáscara de granadilla), empleando la determinación de la humedad basados en la metodología de NMX-F-289 (NORMEX, 1977) (anexo 03).

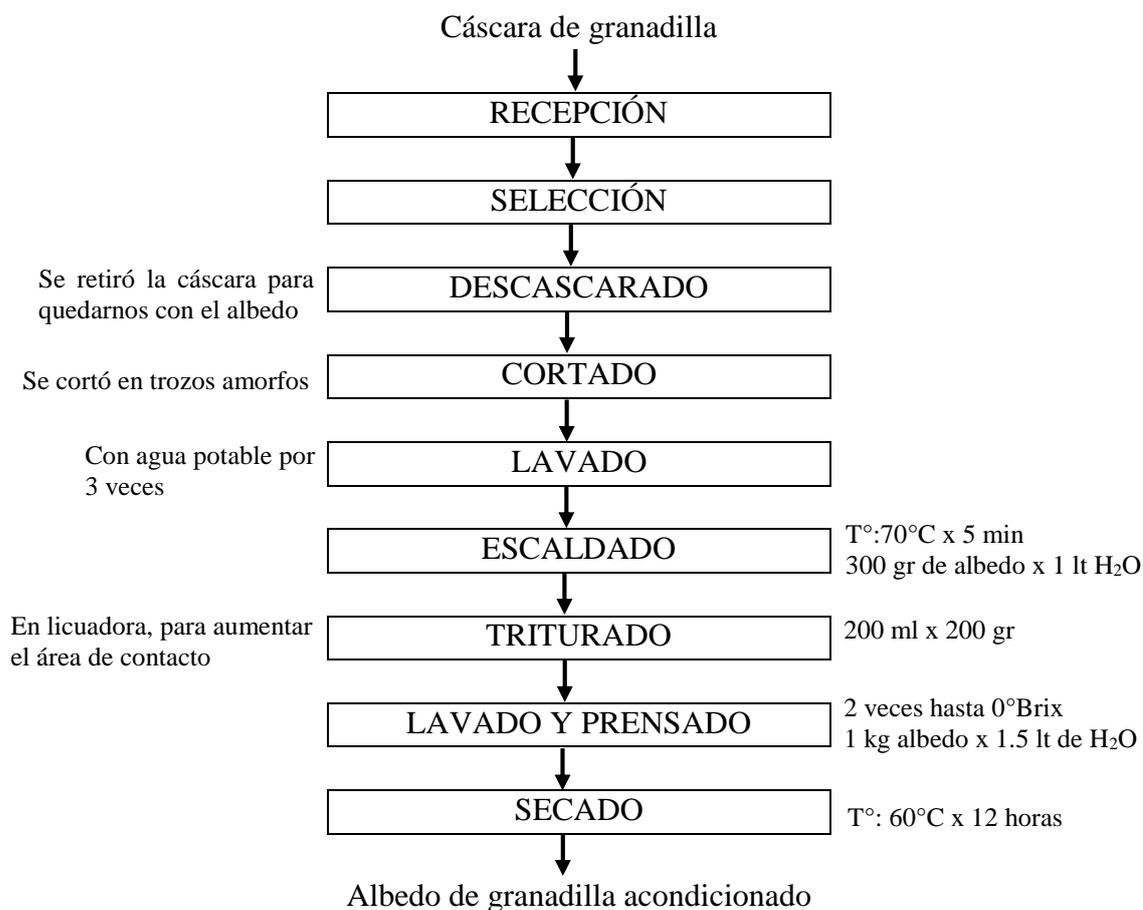


Gráfico 06. Diagrama de flujo para el acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)
Fuente: León y Riveros (2014)

- **Recepción**

Se pesó la cáscara de granadilla con el fin de conocer la cantidad necesaria en el proceso de acondicionado, para ello se utilizó una balanza comercial marca Valtox (imagen 01).

- **Selección**

En esta operación se realizó en forma manual separando la materia prima de los productos magullados y podridos de la cáscara de granadilla (imagen 02).

- **Descascarado**

Se eliminó el epicarpio mediante una cuchara, luego se retiró manualmente el endocarpio con el fin de evitar cambios que afecten a la presentación de la pectina y una disminución en el rendimiento para solamente quedarnos con la parte blanca (albedo) (imagen 03).

- **Cortado**

Se redujo el tamaño del albedo, para ello se cortó en trozos amorfos con un cuchillo de cocina. Se tuvo especial cuidado de la materia prima por ser más esponjoso que las otras passifloras (imagen 04).

- **Lavado**

Se eliminó los contaminantes macroscópicos y restos de pulpa presentes en el producto, para esto se procedió a lavar con agua potable usando coladores de plástico (imagen 05).

- **Escaldado**

Se realizó con el fin de inactivar la acción enzimática y carga microbiana; para ello se empleó ollas de acero inoxidable en el que se agregó un litro de agua por cada 300 gr de albedo de granadilla, luego se procedió a calentar la mezcla a 70°C x 5 min, transcurrido este tiempo, se enfrió y filtró en coladores de plástico (imagen 06).

- **Triturado**

Se realizó un pulpeado del producto a fin de aumentar el área superficial de contacto cuyo fin es facilitar el proceso de extracción; para ello se utilizó

una licuadora marca Oster, donde se adicionó 200 ml de agua destilada por 200 gramos del albedo (imagen 07).

- **Lavado y prensado**

Se lavó con agua destilada caliente a 60°C dos veces hasta reducir los sólidos solubles a 0°Brix, luego se prensó manualmente con tela tocuyo a fin de extraer el exceso del agua y retener los sólidos. Para este proceso se usó una relación de 1.5 litros de agua por cada kilogramo de muestra sólida (imagen 08).

- **Secado**

Se realizó con la finalidad de reducir el peso de la muestra y el agua acidulada de la hidrólisis hasta obtener un producto con 0°Brix, para ello se colocó la muestra en bandejas de acero inoxidable y se secó a 60°C en una estufa eléctrica marca Binder por 12 horas (imagen 09).

3.4.2. Extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), utilizando el método de hidrólisis ácida

a. Pruebas preliminares

Las pruebas preliminares consisten en ensayos para conocer el proceso, interpretarlo, modificarlo y estas se describen a continuación (anexo 05).

- **Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio**

Se comparó rendimientos de pectina trabajando el albedo con y sin epicarpio (80 gr y 72 gr de albedo seco); además se visualizó si el color de la cáscara afecta en la presentación de la pectina (imagen 01).

- **Hidrólisis con diferentes relaciones albedo-agua acidulada**

Este análisis consiste en saber cuánto de agua acidulada era necesaria por cada peso de albedo (10 gr de muestra) y obtener el mejor rendimiento, donde se trabajó en proporciones de 1/10, 1/20, 1/30 y 1/50 (imagen 02).

- **Hidrólisis agregando el albedo en frío y caliente**

Se realizó esta prueba a fin de observar la influencia del rendimiento al agregar la muestra acondicionada en frío y caliente (72 gr) (imagen 03).

- **Precipitación de la pectina usando diferentes porcentajes de alcohol acidulado**

Esta prueba consiste en saber cuánto de alcohol de 96° acidulado con HCl diluido al 1 N se debió agregar a la solución péctica para obtener el mayor rendimiento, el ensayo fue a 40%, 60% y 80% (imagen 04).

- **Secado de la pectina a diferentes temperaturas**

Se observó que a diferentes temperaturas de secado de la pectina, se obtuvo diversos rendimientos, para ello se trabajó con temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C a 44.5 gr de pectina (imagen 05).

b. Prueba final del proceso de extracción de la pectina de granadilla

(Passiflora Ligularis Juss)

En el proceso de extracción de la pectina de granadilla se empleó 1.0065 kg de albedo seco. Además en el gráfico 07, se detalla el diagrama de flujo cualitativo del procedimiento usado por cada operación unitaria (anexo 05) y se calculó el rendimiento del producto final (pectina obtenida/albedo seco).

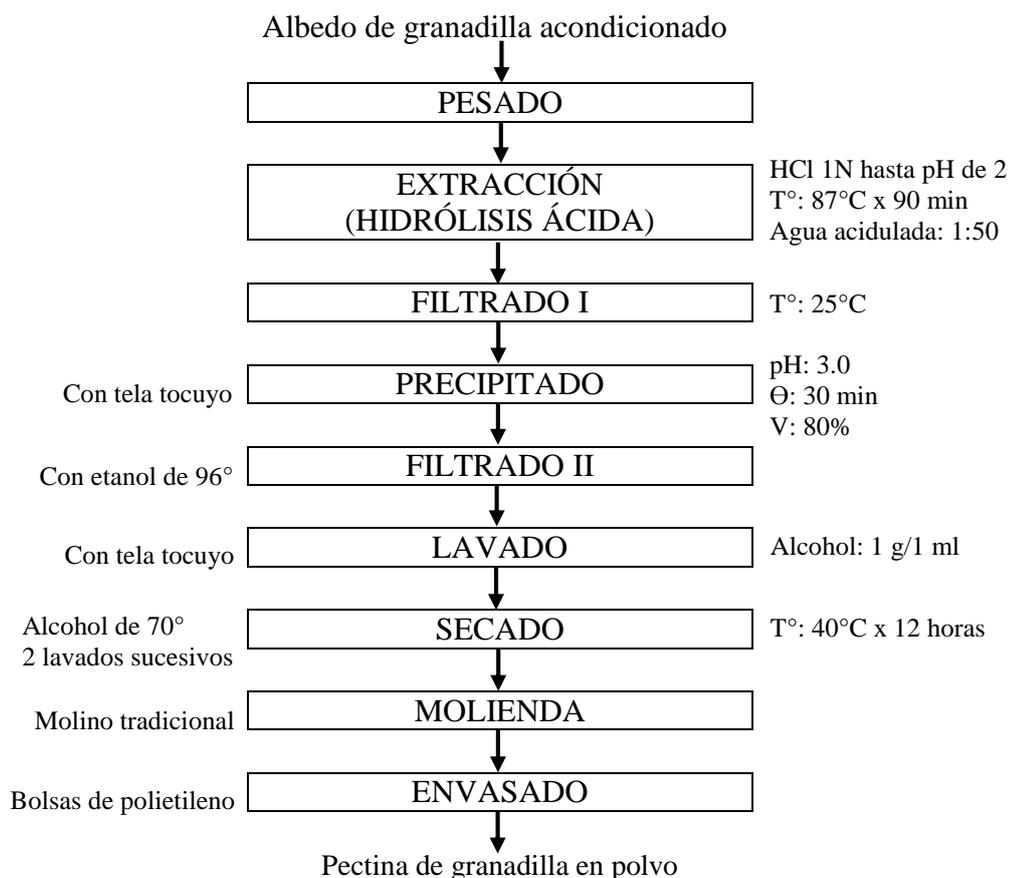


Gráfico 07. Diagrama de flujo cualitativo para la extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)
Fuente: León y Riveros (2014)

- **Pesado**

Se pesó el albedo acondicionado con el fin de conocer la cantidad de agua acidulada necesario, para ello se utilizó una balanza comercial marca Valtox (imagen 01).

- **Extracción (hidrólisis ácida)**

Se realizó en ollas de acero inoxidable agregando el producto seco; además se pesó y se calculó la cantidad de agua acidulada a utilizar en la hidrólisis ácida. La relación fue de 100 gr de muestra por cada 5000 mililitros de

agua acidulada. Luego se agregó HCl 1N hasta ajustar a pH 2. Posteriormente la solución se sometió a calentamiento de 87°C, llegado a esta temperatura se hecho el albedo acondicionado con agitación constante durante 90 minutos, con la finalidad de evitar que el material precipitará (imagen 02).

- **Filtrado I**

Luego, la mezcla se filtró usando tela tocuyo, presionando suavemente para separar el material sólido del líquido, la fracción líquida se enfrió rápidamente a 25°C sumergiéndola en agua con la finalidad de minimizar la degradación térmica de la pectina (imagen 03).

- **Precipitado**

Después de 10 minutos, se adicionó en los baldes de plástico etanol de 96° ligeramente acidulado a pH 3 en una cantidad del 80% de la solución pectica mediante agitación fuerte y constante, luego se dejó reposar durante 30 minutos. La coagulación de la pectina se observó por la formación de un gel sobrenadante (imagen 04).

- **Filtrado II**

La pectina sobrenadante se separó de la solución mediante filtración con tela de punto y presionando para dividir la cantidad de alcohol y recoger el gel de la pectina (imagen 05).

- **Lavado**

Esta operación consiste en purificar al producto en 2 lavados sucesivos con

alcohol de 70°, a fin de eliminar colorantes e impurezas arrastradas desde la extracción. Además la solución tomó mejor consistencia al separar la mayor cantidad de alcohol; así mismo ayudó a reducir el contenido de ceniza, que afecta a la pectina al gelificarse. La relación utilizada fue de 1g de gel obtenido/1 ml de alcohol (imagen 06).

- **Secado**

Luego la pectina se extendió en bandejas de acero inoxidable y se secó a 40°C en una estufa eléctrica marca Binder por 12 horas a fin de reducir el peso de la muestra (imagen 07).

- **Molienda**

Después la pectina se pulverizó en un molino tradicional marca San Ver con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas y permitir una mayor solubilidad (imagen 08).

- **Envasado**

El envasado se hizo en bolsas de polietileno para su almacenamiento en un lugar libre de humedad (imagen 09).

3.4.3. Evaluación de las características físico-químicas de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Las características físico-químicas del producto final (anexo 10, imagen 01a, 02a y 03a), realizado en base a los estándares y parámetros de extracción, se comparó con los valores de la pectina comercial (anexo 10, imagen 01b, 02b y 03b); para lo cual se utilizó las recomendaciones de la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014).

- a. Humedad**, se pesó 1 gr de pectina por triplicado y se secó a 70°Cx16 horas. El análisis se basó a la NMX-F-289 (NORMEX, 1977).
- b. Cenizas**, se pesó 1 gr de muestra por triplicado y se calcinó a 600°Cx4 horas. El ensayo se realizó de acuerdo a la Norma UNE 64019 (AENOR, 1971).
- c. Alcalinidad de cenizas**, las cenizas obtenidas se diluyeron en 25 ml de HCl 0.1N, luego se calentó, enfrió y tituló con indicador de fenolftaleína e NaOH 0,1N. siguiendo las metodología de la NMX-F-325-S (NORMEX, 1979).
- d. Peso equivalente**, se pesó 1 gr de muestra por triplicado luego se adicionó 1 gr de NaCl, 5 ml de alcohol y 100 ml de agua destilada para finalmente titular con NaOH a pH 7.5 usando como indicador el rojo de Hinton (Owens, 1952).
- e. Contenido de metoxilo**, se determinó saponificando la pectina con 25 ml de NaOH 0.25 N, 25 ml de HCl 0.25 N y titulado con NaOH 0.1 N el grupo carboxilo liberado, se halló en %Me del método de Owens (1952).
- f. Ácido galacturónico**, se halló con los valores del peso equivalente, contenido de metóxilo y alcalinidad de cenizas en %AG (Owens, 1952).
- g. Grado de esterificación**, se realizó con los resultados del ácido galacturónico y metoxilo, se calculó en %GE (Owens, 1952).
- h. Grado de gelificación y tiempo de gelificación**
El grado de gelificación consistió en pesar 0.5 gr, 0.7 gr y 0.9 gr de pectina por triplicado a pH 3.2-3.5 de 65-70°Brix con la adición de azúcar y ácido cítrico. El cálculo se realizó entre la relación de gr de sacarosa/gr de pectina utilizada, según el método de Álvarez (2011).

El tiempo de gelificación se determinó entre el intervalo de llenado del primer vaso de jalea y el cuajado de la misma, para este ensayo se usó 2 gr de pectina por triplicado. El análisis se realizó según Vargas y Gonzales (2002).

3.4.4. Evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss) a diferentes concentraciones y temperaturas de los tratamientos de estudio y selección del mejor tratamiento

La viscosidad de la pectina de granadilla (anexo 11, imagen 01a, 02a y 03a) se ajustó a los modelos reológicos de Ostwald, Hershel-Bulkley y Steiger Ory, donde se encontró los parámetros estadísticos de $\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n$, $\sigma = \sigma_0 + k_H \cdot \dot{\gamma}^n$ y $\sigma = k_1 \dot{\gamma} + k_2 \dot{\gamma}^3$, respectivamente, que corresponden a las constantes de evaluación k , k_H y k_2 , para ello se utilizó el reómetro digital R/S plus modelo Brookfield R/S-CC con el software Rheo 3000, para fijar temperaturas de 60°C, 70°C, 80°C, 90°C y concentraciones de 0.30%, 0.85%, 1.80% (0.30 g/100 ml, 0.86 g/100 ml y 1.83 g/100 ml, por triplicado).

En relación con la selección del tipo de eje (diámetro), se optó por el spindle CC-40 donde se obtuvo el reograma τ - $\dot{\gamma}$ correspondiente al tipo de fluido con el que se trabajó. El tiempo de ejecución para cada ensayo se programó para 120 segundos y dentro de los 60 segundos iniciales se fue variando la velocidad de deformación en forma creciente hasta alcanzar un valor máximo, cerca de 500 s⁻¹, luego en los 60 segundos restantes de la misma manera se fue variando la velocidad de deformación en forma decreciente hasta alcanzar un valor mínimo de 0 s⁻¹. Tanto en la corrida ascendente y descendente se obtuvo 25 puntos,

resultando un total de 50 puntos, el mismo procedimiento se aplicó para la pectina comercial (anexo 11, imagen 01b, 02b y 03b). La selección del mejor tratamiento se realizó comparando los valores de la viscosidad respecto a los resultados más cercanos a los de la pectina comercial.

3.5. DISEÑO ESTADÍSTICO

3.5.1. Contrastación de hipótesis

Para el diseño de contrastación de la presente investigación se planteó las siguientes hipótesis:

a. Hipótesis general

La concentración y temperatura influyen significativamente en la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).

b. Hipótesis específicas

- Es posible la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).
- Será posible extraer la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) mediante hidrólisis ácida.
- La caracterización físico-química de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) son diferentes.
- Existe relación entre la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) a diferentes concentraciones y temperaturas y selección del mejor tratamiento.

c. Hipótesis nula ($H_0: \mu_A = \mu_B$)

La concentración y temperatura no influyen significativamente en la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).

d. Hipótesis alterna ($H_1: \mu_A \neq \mu_B$)

La concentración y temperatura si influyen significativamente en la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*).

3.5.2. Pruebas paramétricas

Se realizaron las pruebas estadísticas que se muestran a continuación:

a. Prueba del análisis de varianza, se aplicó en los factores e interacción de los tratamientos de estudio; para su evaluación los valores deben cumplir con los siguientes supuestos del modelo:

- **Independencia de observaciones**, se realizó con los valores del estudio.
- **Prueba de normalidad**, se halló mediante el test de Shapiro Wilks.
- **Prueba de igualdad de varianzas**, se determinó con el test de Levene.

Tabla 13. Modelo del análisis de varianza del diseño factorial A x B

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados (SC)	Cuadrados medios (CM)	FC	p-value
Factor A	$J - 1$	SCA	$\frac{SCA}{(J - 1)}$	$F_A = \frac{CM_A}{CM_E}$	$p(F_C > F_T)$
Factor B	$K - 1$	SCB	$\frac{SCB}{(K - 1)}$	$F_B = \frac{CM_B}{CM_E}$	
Interacción	$(J - 1)(K - 1)$	SCAB	$\frac{SCAB}{(J - 1)(K - 1)}$	$F_{AB} = \frac{CM_{AB}}{CM_E}$	
Error	$N - JK$	SC_E	$\frac{SC_E}{N - JK}$		
Total	$N - 1$	SC_T			

Fuente: Porras (2000)

Dónde:

J, K = Equivale al número de tratamientos

N = Número total de datos reportados

SC_T = Suma de los cuadrados totales

SC_E = Suma de cuadrados del error

F_T = Valor de la tabla de distribución F

F_C = Valor calculado

p = Significancia estadística

- b. Prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey;** se empleó con el fin de identificar las diferencias en parejas entre las medias de los tratamientos y su representación es:

$$DSM = q \sqrt{\frac{2 \text{ CME}}{n}}$$

Dónde:

DSM = Valor crítico al 5%

q = Valores de amplitud estandarizada al 5% de probabilidad

n = Número de tratamientos

CME = Cuadrado medio del error

- c. Prueba de la correlación de Pearson,** se utilizó para determinar la relación entre la viscosidad de la pectina de granadilla y la comercial, su ecuación es:

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{1}{n} \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{S_x S_y} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(y - \bar{y})^2 \sum(x - \bar{x})^2}}$$

Donde:

S_x y S_y = Desviaciones típicas de las variables x e y de la muestra analizada

Además el coeficiente de correlación r es siempre un número real comprendido entre -1 y 1, según lo mencionado se define que:

- Si $r > 0$ la relación entre las variables es directa.
- Si $r < 0$ la relación entre las variables es inversa.
- Si $r = 0$ las variables son independientes.

Los ensayos del estudio se llevaron a cabo de acuerdo a los tratamientos obtenidos por el software estadístico Statgraphics Centurion versión XVI y el análisis de varianza de los factores e interacción; así mismo la comparación múltiple de Tukey, gráficos, prueba de normalidad, igualdad de varianzas, estadísticos descriptivos se usó el programa Minitab 18.1 y la correlación de Pearson se realizó mediante la aplicación IBM SPSS Statistics versión 25. Además los tratamientos se desarrollaron por triplicado con el fin de evitar errores en el momento de la ejecución y compararlas con la revisión bibliográfica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Evaluación de la caracterización física, físico-química y acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

4.1.1. Caracterización física de la cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Después de la recepción, se procedió a evaluar el rendimiento en las partes de la materia prima, cuyos resultados se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. Composición de la cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Rendimiento	Cáscara de granadilla	León y Riveros (2014)
Albedo (%)	23.20±0.12%	24.40±1.34%
Epicarpio (%)	74.17±0.14%	17.50±0.95%
Endocarpio (%)	2.63±0.09%	4.51±1.27%

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14, se observa que el rendimiento del albedo, endocarpio y epicarpio es menor a lo reportado por León y Riveros (2014), debido principalmente a que los porcentajes fueron calculados en base al fruto entero, mientras que en el presente experimento se calculó las cantidades basadas en la cáscara de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*); otros factores que influyeron en los porcentajes hallados fueron el tamaño de muestra y estado de madurez fisiológico del fruto (Espinosa *et al.*, 2015).

4.1.2. Caracterización físico-química del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

En la tabla 15, se detalla la caracterización físico-química del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) comparado con otros autores.

Tabla 15. Características físico-químicas del albedo de granadilla

Características físico-químicas	Albedo de granadilla	León y Riveros (2014)	Chasquibol et al. (2008)
Humedad (%)	88.93%	-	87.74%
Cenizas (%)	1.97%	-	1.96%
Acidez titulable (%)	0.77%	0.88%	-
Sólidos totales (%)	11.07%	12.28%	-
Sólidos solubles (°Brix)	14.00°Brix	13.50°Brix	-
Proteínas (%) Factor 6.25	0.92%	-	0.54%
Carbohidratos (%)	6.03%	-	6.05%
Índice de madurez	18.42	15.34	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 15, se afirma que la humedad fue 88.93% siendo similar al valor de 87.74% reportado por Chasquibol *et al.* (2008); esta desigualdad es originada por la reacción de Maillard que se produce por la interacción de los aminoácidos y azúcares que liberan agua durante la deshidratación a temperaturas elevadas (Barazarte, 2006).

El contenido de cenizas es 1.97% parecido al 1.96% hallado por Chasquibol *et al.* (2008); el resultado es inferior al 5% de la materia seca de los alimentos, por lo tanto se afirma que el albedo puede ser utilizado en la extracción de pectina porque no contiene un adulterante inorgánico y contaminantes metálicos (Márquez, 2014).

La cantidad de acidez titulable expresada en ácido cítrico es 0.77% siendo menor a 0.88% de León y Riveros (2014), la diferencia se debe a que los autores trabajaron con albedo semi maduro; afectando el desarrollo morfológico y bioquímico del fruto en los factores climáticos de temperatura, suelo, altitud y

humedad relativa (Espinosa *et al.*, 2015).

El porcentaje de sólidos totales es 11.07% distinto al resultado de 12.28% encontrado por León y Riveros (2014); esta disminución es por la pérdida ligera del material orgánico por volatilización (Carpio, 2007).

La cantidad de sólidos solubles es 14.00°Brix mayor a 13.50°Brix de León y Riveros (2014); el aumento se debe a que se empleó un fruto con grado de madurez superior, la cual se da como una respuesta al desdoblamiento de los polisacáridos de mayor tamaño presentes en los almidones almacenados de las vacuolas y espacios intercelulares durante el crecimiento del fruto (Espinosa *et al.*, 2015).

El contenido de proteínas es 0.92% cantidad que varía de lo obtenido por Chasquibol *et al.* (2008); esto pudo deberse a la inclusión de nitrógeno no proteico como parte de la proteína y la pérdida de nitrógeno durante la digestión incompleta de la muestra (Aurand *et al.*, 1987).

El porcentaje de carbohidratos es 6.03% resultado semejante al hallado por Chasquibol *et al.* (2008); al ser un dato que no ha sido ni cualificado ni cuantificado en laboratorio conlleva ciertas variaciones ya sean por exceso o por defecto de las determinaciones de los otros componentes (Banderas, 2012).

El índice de madurez del albedo fue 18.42 mayor a 15.34 de León y Riveros (2014); el incremento es dado por el empleo de albedo maduro, esto ocurre cuando la tasa respiratoria es máxima y se desdoblan sus reservas (ácidos orgánicos) como respuesta al aumento del metabolismo (Espinosa *et al.*, 2015).

4.1.3. Acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

En el gráfico 08, se observa que el rendimiento de 4.63% es menor al 5.21% de León y Riveros (2014); esto es debido a las altas pérdidas registradas por las cáscaras de granadilla magulladas, partes en estado de descomposición y de fermentación (Chaparro, 2015), y también porque la materia prima no tuvo un procesamiento y transporte rápido en el momento de la recolección (Barazarte, 2006); además la diferencia más resaltante fue el grado de madurez del fruto, ya que en el experimento se utilizó cáscara madura.

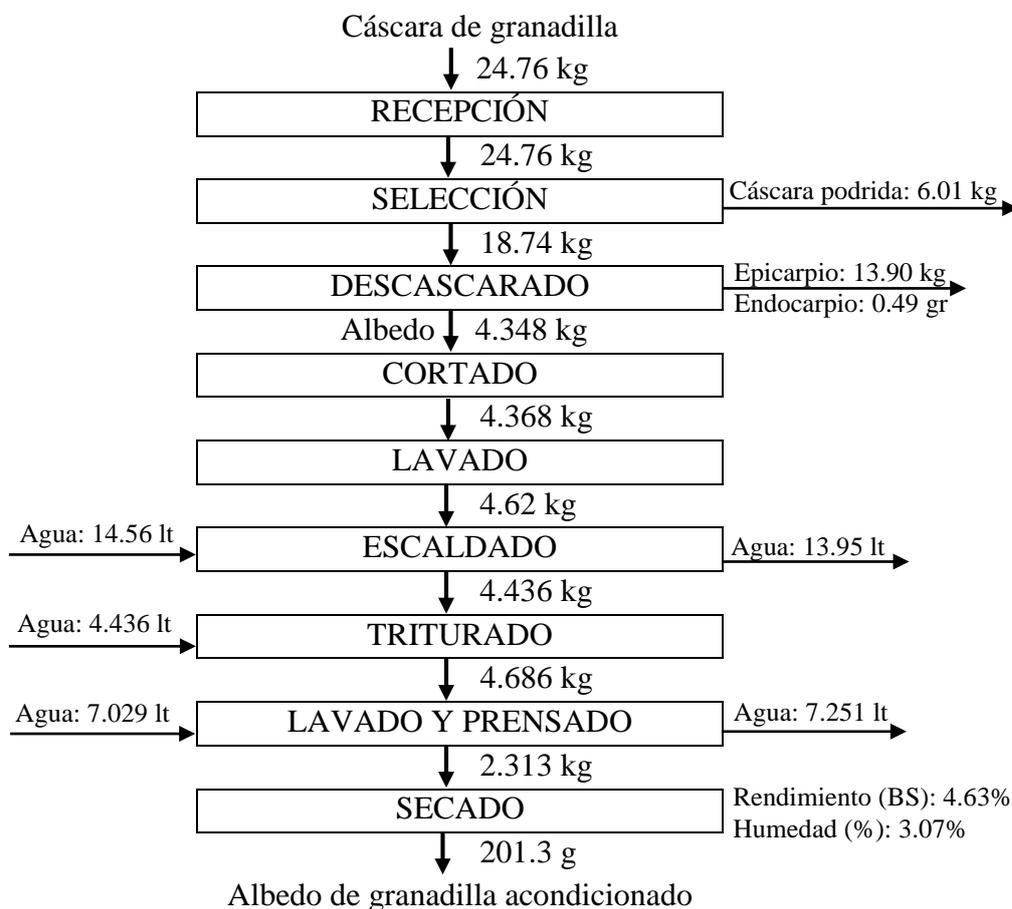


Gráfico 08. Diagrama de flujo cuantitativo para el acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Fuente: Elaboración propia

La humedad fue 3.07% mayor al 2.29% de Carbajal (2014); el aumento es a causa de las características físico-químicos del albedo empleado en el acondicionamiento y tiempo de secado de la muestra (Guidi y Arandia, 2010). El gráfico 09 y tabla 16, muestran el diagrama de proceso para el albedo acondicionado y los tiempos empleados en cada operación unitaria.

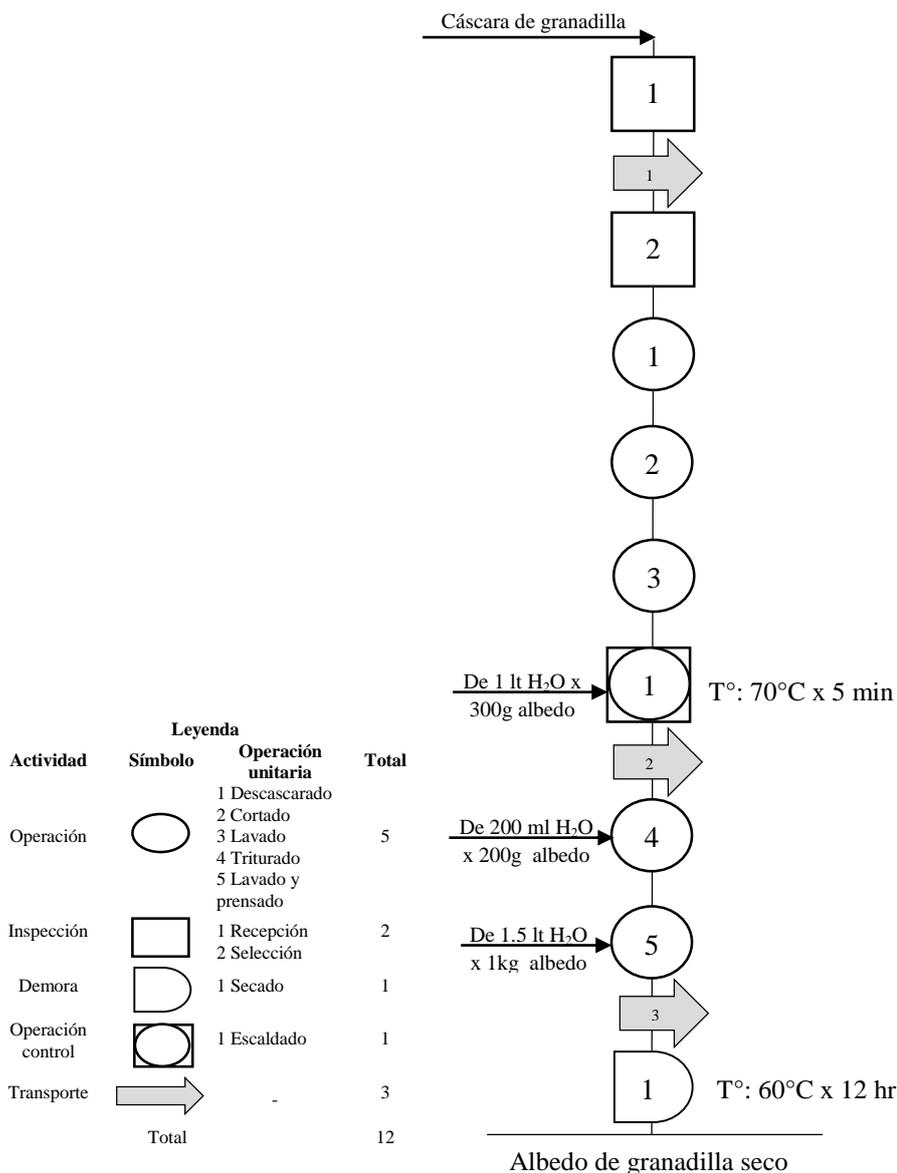


Gráfico 09. Diagrama de proceso para el acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Descripción de actividades con tiempos en el proceso de acondicionamiento del albedo de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

	Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos
1. Descascarado	240.00	1. Recepción	60.00	1. Secado	720.00	1. Escaldado	30.00
2. Cortado	252.00	2. Selección	180.00				
3. Lavado	40.00						
4. Triturado	150.00						
5. Lavado y prensado	192.00						
Total de tiempo	874.00		240.00		720.00		30.00
Tiempo en hora	14.57		4.00		12.00		0.50

Fuente: Elaboración propia

4.2. Extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), utilizando el método de hidrólisis ácida

4.2.1. Pruebas preliminares

Los resultados de las pruebas preliminares realizadas son:

a. Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio

La tabla 17, muestra los valores de la hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio.

Tabla 17. Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio

	Proceso	Con epicarpio	Sin epicarpio
Hidrólisis	Peso de muestra (g)	80	72
	Agua acidulada (ml)	4000	3600
Filtrado I	Peso de bagazo (g)	108.10	91.20
	Solución péctica (ml)	1594.50	1245.05
Precipitación	Alcohol 96° (ml)	1275.60	996.04
Filtrado II	Peso de gel (g)	237.58	205.92
	Alcohol filtrado (ml)	2755.78	2141.09
Lavado I	Alcohol inicial (ml)	237.97	205.90
	Peso de gel (g)	125.70	113.28
	Alcohol final (ml)	246.45	207.05
Lavado II	Alcohol inicial (ml)	125.80	113.30
	Peso de gel (g)	119.46	108.44
	Alcohol final (ml)	127.78	115.32
Secado	Temperatura de secado (°C)	40	40
	Peso de pectina (g)	3.62	4.51
Rendimiento	Pectina/albedo seco (%)	4.53±0.02	6.26±0.02

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

El gráfico que se visualiza a continuación informa los rendimientos de la extracción de la pectina del albedo con y sin epicarpio.

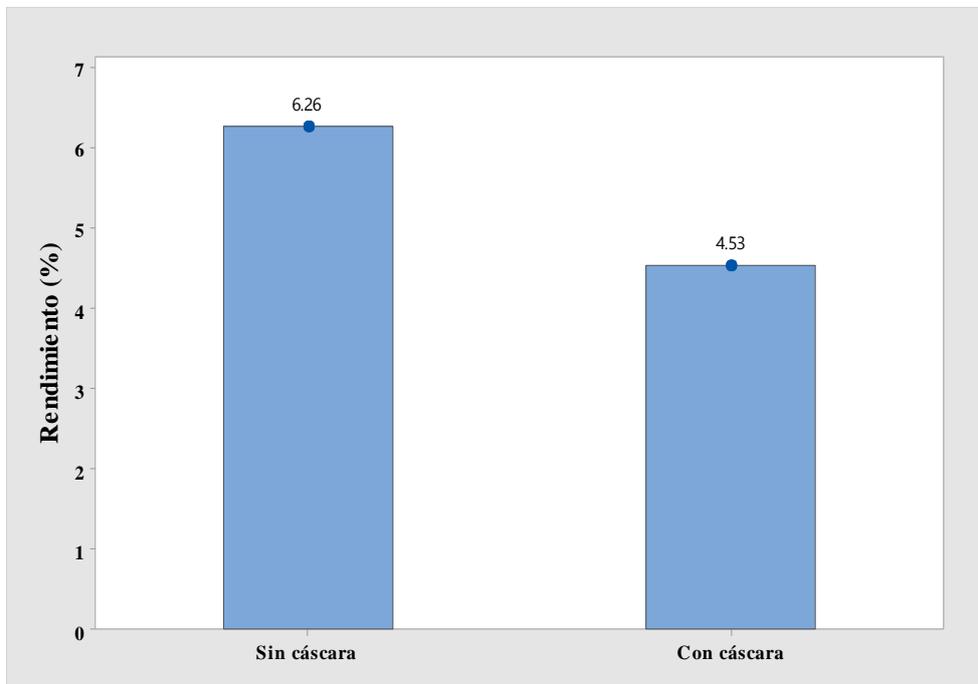


Gráfico 10. Rendimientos del albedo acondicionado con y sin epicarpio
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 10, muestra que el mayor rendimiento fue 6.26% al trabajar el albedo sin epicarpio. Cabe señalar que en el proceso con epicarpio se realizó varios lavados sucesivos para reducir los sólidos solubles disminuyendo la cantidad de pectina obtenida; así mismo en la etapa del triturado no se pudo desmenuzar completamente debido a la consistencia dura del epicarpio lo cual dificultó en el rendimiento.

Además se observó una coloración distinta; del proceso con epicarpio se obtuvo pectina con un color de naranja oscuro y del proceso sin epicarpio se extrajo pectina de un color más claro.

b. Hidrólisis con diferentes relaciones de albedo/agua acidulada

En la tabla 18, se visualiza las relaciones de albedo/agua acidulada de la pectina de granadilla a 1/10, 1/20, 1/30 y 1/50.

Tabla 18. Hidrólisis con diferentes relaciones de cáscara/agua acidulada

Proceso	Relaciones de cáscara/agua acidulada			
	1/10	1/20	1/30	1/50
Peso de muestra (g)	10	10	10	10
Prueba (g/ml)	10/100	10/200	10/300	10/500
Solución péctica (ml)	27.36	64.73	102.09	176.81
Peso de bagazo (g)	24.50	35.90	47.10	61.20
Alcohol 96° (ml)	21.89	51.78	81.67	141.45
Alcohol filtrado (ml)	48.75	115.20	182.66	317.10
Peso de gel (g)	6.71	15.88	25.05	42.38
Alcohol inicial (ml)	6.80	15.90	25.10	42.40
Alcohol final (ml)	7.50	17.60	27.30	44.80
Peso de gel (g)	2.90	7.50	13.20	20.50
Alcohol inicial (ml)	3.00	7.60	13.50	20.80
Alcohol final (ml)	4.65	8.20	15.30	22.03
Peso de gel (g)	1.67	5.67	11.10	18.10
Peso de pectina (g)	0.11	0.34	0.48	0.62
Pectina/albedo seco (%)	1.11±0.02	3.40±0.02	4.80±0.02	6.20±0.02

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

Del gráfico 11, se compara los rendimientos obtenidos de las relaciones de albedo/agua acidulada.

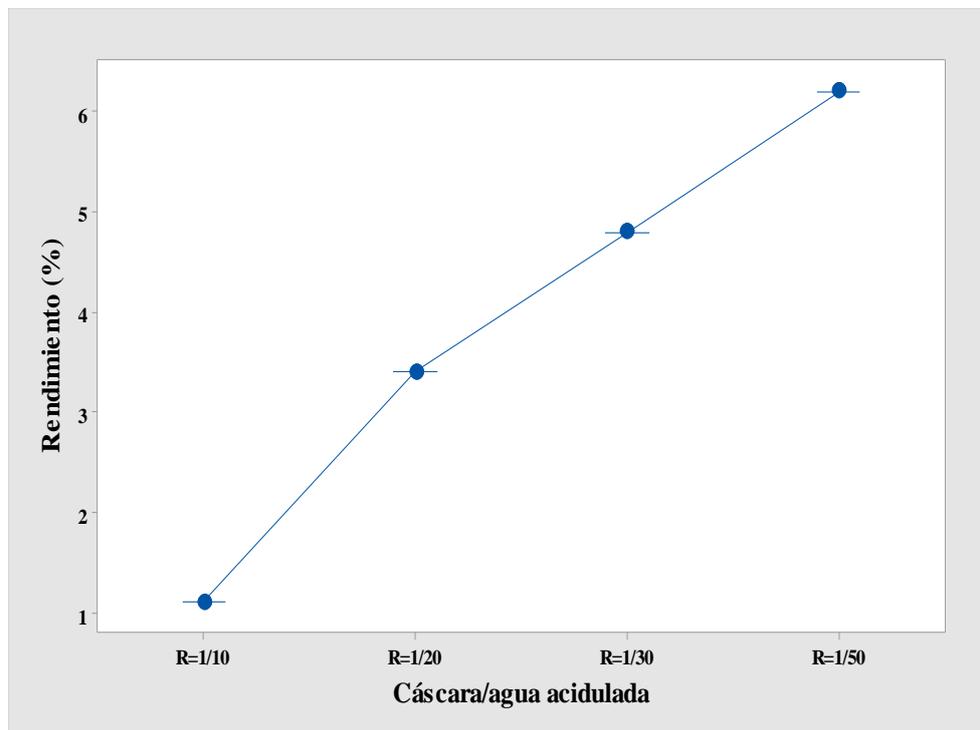


Gráfico 11. Rendimientos vs proporción de albedo: agua acidulada
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 11, se indica que la relación de albedo/agua acidulada a 1/50 es la que presenta el mejor rendimiento; dicha proporción se corroboró experimentalmente.

Cabe resaltar que en las relaciones pequeñas como 1/10, 1/20 y 1/30, trae consigo que el bagazo adsorba la mayor cantidad de agua y ello dificulte la extracción; a mayor volumen de agua la extracción fue más fácil de realizar (Véliz, 1984).

c. Hidrólisis agregando el albedo en frío y caliente

La tabla 19, muestra los valores de la hidrólisis agregando el albedo en frío y caliente (87°C).

Tabla 19. Hidrólisis agregando la muestra en frío y caliente

Proceso		En caliente	En frío
Hidrólisis	Peso de muestra (g)	72	72
	Agua acidulada (ml)	3600	3600
Filtrado I	Peso de bagazo (g)	91.86	89.84
	Solución péctica (ml)	1246.08	1104.32
Precipitación	Alcohol 96° (ml)	996.86	883.46
Filtrado II	Peso de gel (g)	206.32	201.00
	Alcohol filtrado (ml)	2142.22	1887.78
Lavado I	Alcohol inicial (ml)	206.50	201.10
	Peso de gel (g)	113.56	109.85
	Alcohol final (ml)	208.83	203.41
Lavado II	Alcohol inicial (ml)	113.90	109.90
	Peso de gel (g)	108.85	104.57
	Alcohol final (ml)	116.10	111.20
Secado	Temperatura de secado (°C)	40	40
	Peso de pectina (g)	4.53	4.08
Rendimiento	Pectina/albedo seco (%)	6.29±0.01	5.67±0.02

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 12, precisa los rendimientos de la pectina añadiendo el albedo en frío y caliente.

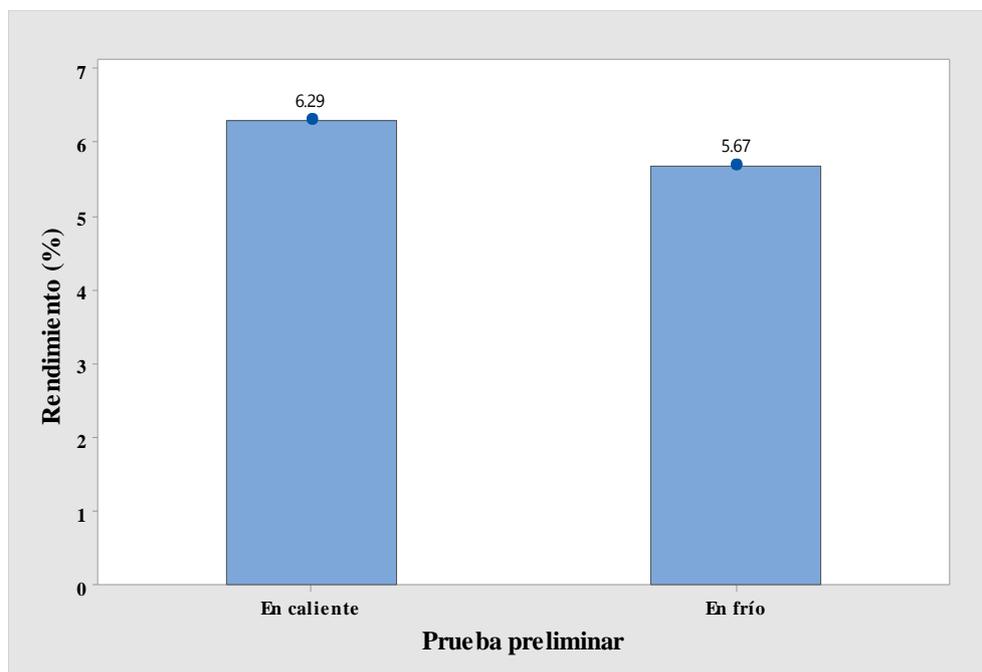


Gráfico 12. Rendimiento agregando el albedo en frío y caliente
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 12, expone que el rendimiento de pectina se obtuvo ligeramente en mayor cantidad cuando se agregó el albedo en caliente, puesto que a temperaturas inferiores no son lo suficientemente altas para poder producir hidrólisis y solubilizar la pectina, a valores superiores incrementa la hidrólisis de los enlaces de la protopectina que pasa a pectina soluble provocando un incremento en el rendimiento (Durán *et al.*, 2010).

d. Precipitación de la pectina usando diferentes porcentajes de alcohol acidulado

La tabla 20, describe la precipitación de la pectina utilizando diferentes porcentajes de alcohol acidulado en 50%, 60%, 70% y 80%.

Tabla 20. Observación de la precipitación con alcohol acidulado a pH 3

Solución péctica (ml)	Alcohol (%)	Alcohol acidulado (ml)	Precipitación observada
40	50	20	Formación de un gel débil: Se observó una capa de burbujas delgada y pocos grumos.
40	60	24	Formación de un gel débil: Se vio una capa de burbujas delgada y grumos separados.
40	70	28	Formación de un gel consistente: Se vio una capa de burbujas delgada y grumos más formados.
40	80	32	Formación de la mayor cantidad de gel consistente: Se observó una capa de burbujas gruesas y grumos más juntos y concentrados

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13, se observa las concentraciones de alcohol usadas en la solución péctica.

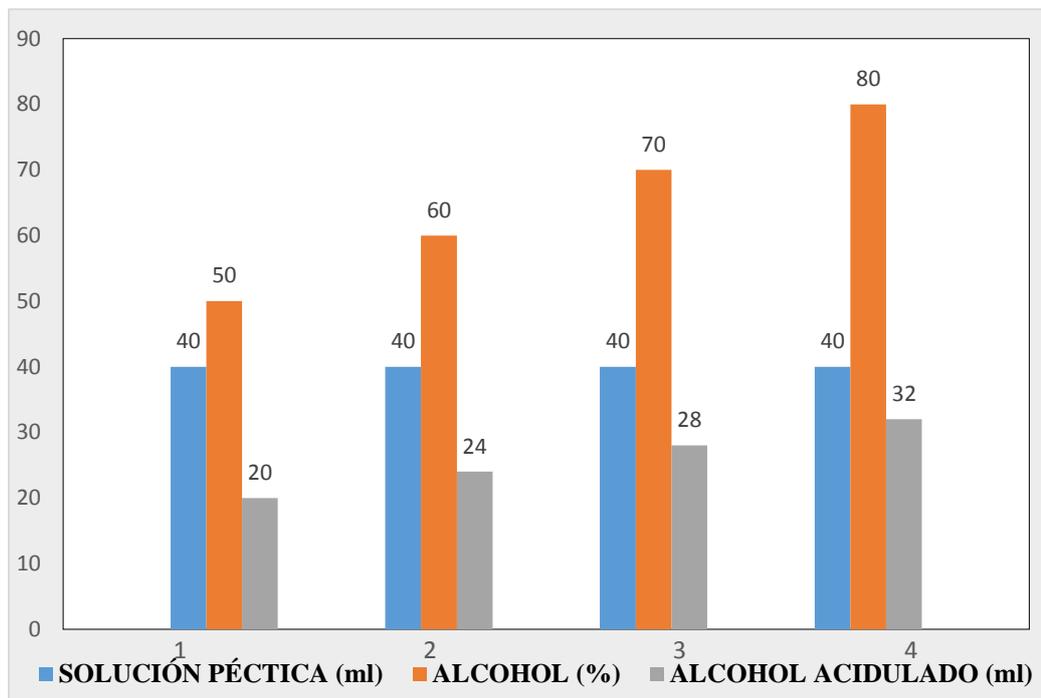


Gráfico 13. Concentraciones de alcohol utilizadas en la solución péctica

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13, se observa que agregando alcohol al 80% de la solución péctica nos da un gel definido, consistente y fácil de filtrar; ya que a inferiores porcentajes pasa por la tela tocuayo. Devia (2012) sugiere que la precipitación se a un volumen del 80% de la solución péctica.

e. Secado de la pectina a diferentes temperaturas

La tabla 21 presenta, los resultados del secado de la pectina a diferentes temperaturas de 40°C, 50°C y 60°C.

Tabla 21. Valores del secado de la pectina a diferentes temperaturas

Proceso		Cantidad		
Hidrólisis	Peso de muestra (g)	44.5		
	Agua acidulada (ml)	2225		
Filtrado I	Peso de bagazo (g)	106.36		
	Solución péctica (ml)	769.51		
Precipitación	Alcohol 96° (ml)	615.61		
Filtrado II	Alcohol filtrado (ml)	1285.10		
	Peso de gel (g)	127.27		
Lavado I	Alcohol inicial (ml)	127.80		
	Alcohol final (ml)	130.04		
	Peso de gel (g)	70.60		
Lavado II	Alcohol inicial (ml)	112.50		
	Alcohol final (ml)	115.26		
	Peso de gel (g)	68.82		
A partir del resultado de 68.82 gr de gel de pectina, se dividió en 3 partes iguales para su posterior secado a diferentes temperaturas.				
Secado	Temperatura de secado (°C)	40	50	60
	Peso de gel (g)	22.94	22.94	22.94
	Tiempo de secado (horas)	3	3	3
	Peso de pectina (g)	2.76	2.00	1.4
Rendimiento	Pectina/albedo seco (%)	6.20±0.03	4.49±0.03	3.15±0.03

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar
Fuente: Elaboración propia

El gráfico 14, detalla los rendimientos obtenidos del secado de la pectina.

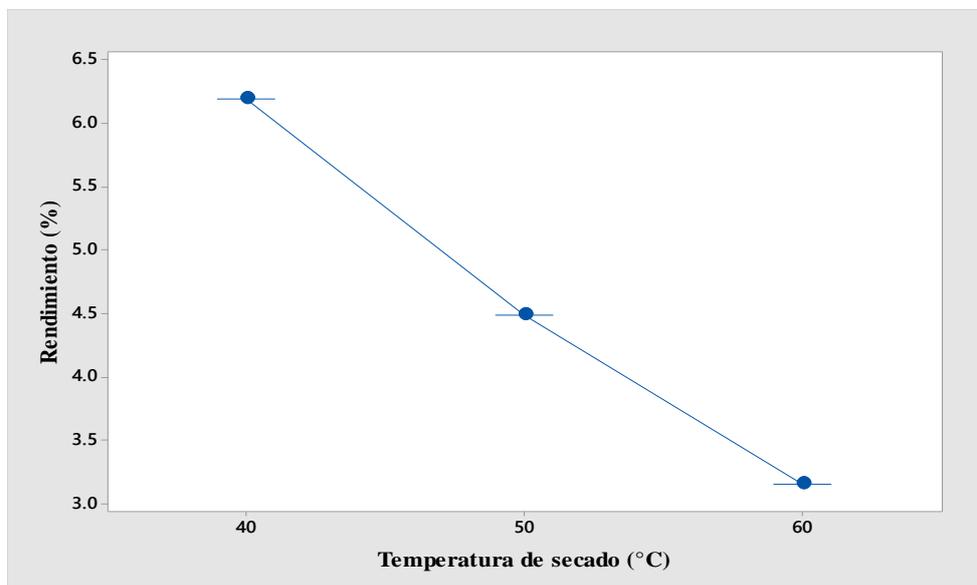


Gráfico 14. Rendimientos vs temperaturas de secado
Fuente: Elaboración propia

Como se visualiza en el gráfico 14, el mejor rendimiento es a 40°C (6.20%); mientras que a temperatura de 60°C (3.15%) y 50°C (4.49%) se presentó una considerable pérdida de muestra a causa de las altas temperaturas y tiempo de secado que ocasionó la degradación de la pectina; dado por la ruptura de los enlaces que produce la separación del grupo oxidrilo del agua con el metóxilo, dando lugar a la desesterificación de la molécula por la formación del anión carboxilo y el catión metilo (Chasquibol *et al.*, 2008).

4.2.2. Prueba final del proceso de extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Del gráfico 15, se observa que el rendimiento de 6.23% es menor a 12.60% y 21.60% resultados hallados por León y Riveros (2014) y Chasquibol *et al.*, (2008) respectivamente; esta diferencia es por el estado de madurez de la cáscara

dado por la acción natural de las enzimas sobre los tejidos durante la maduración, es decir, que los residuos agroindustriales son una fuente menor aprovechable, para la industria agroalimentaria (Mendoza *et al.*, 2017), así mismo Chaparro (2015), dice que los factores que influyen en el bajo rendimiento son el órgano del fruto, las características genéticas de la variedad, el contenido de minerales y la presencia de estructuras que acompañan a las pectinas, que afectan al método de extracción y al contenido de agua desmineralizada al realizar la hidrólisis, ya que pudo contener metales pesados de Ca y Mg que dificultaron el proceso de extracción del producto (Vargas y Gonzales, 2002).

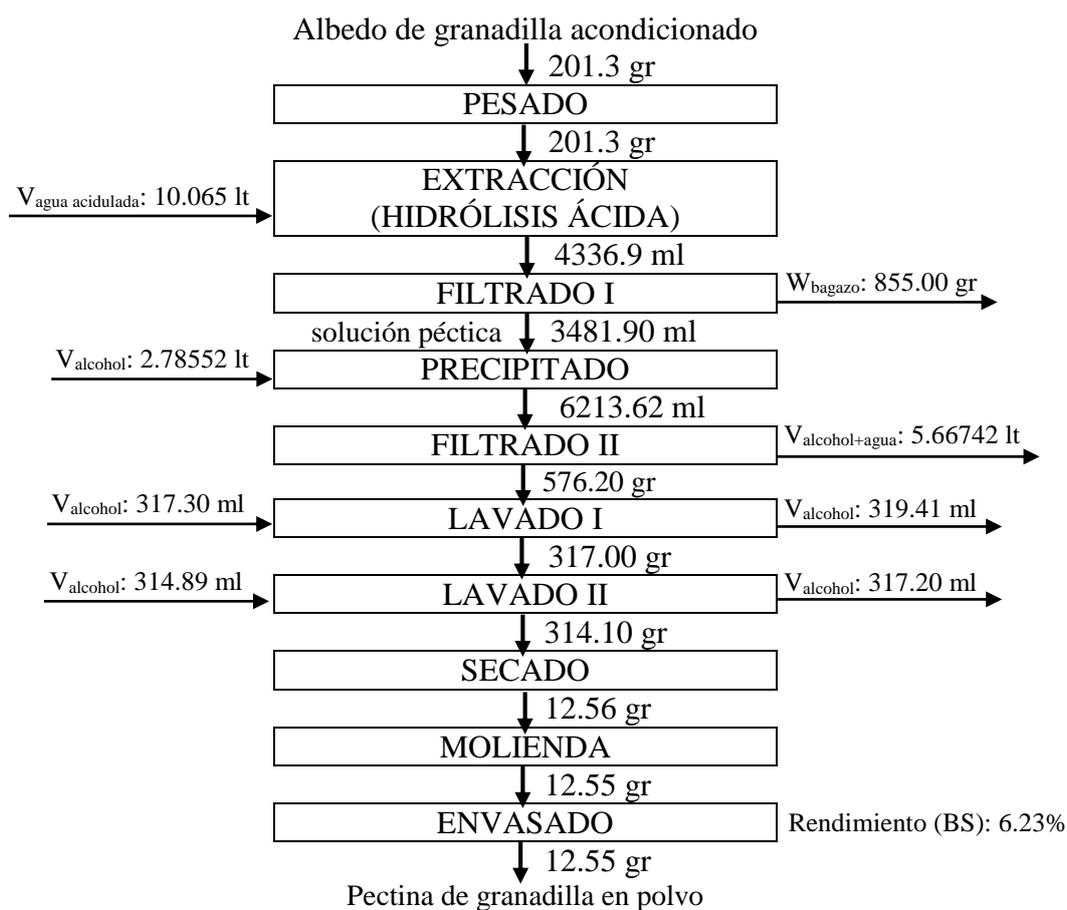


Gráfico 15. Diagrama de flujo cuantitativo para la extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 16, detalla el diagrama de proceso para la extracción de la pectina y la tabla 22, explica los tiempos utilizados en cada operación unitaria.

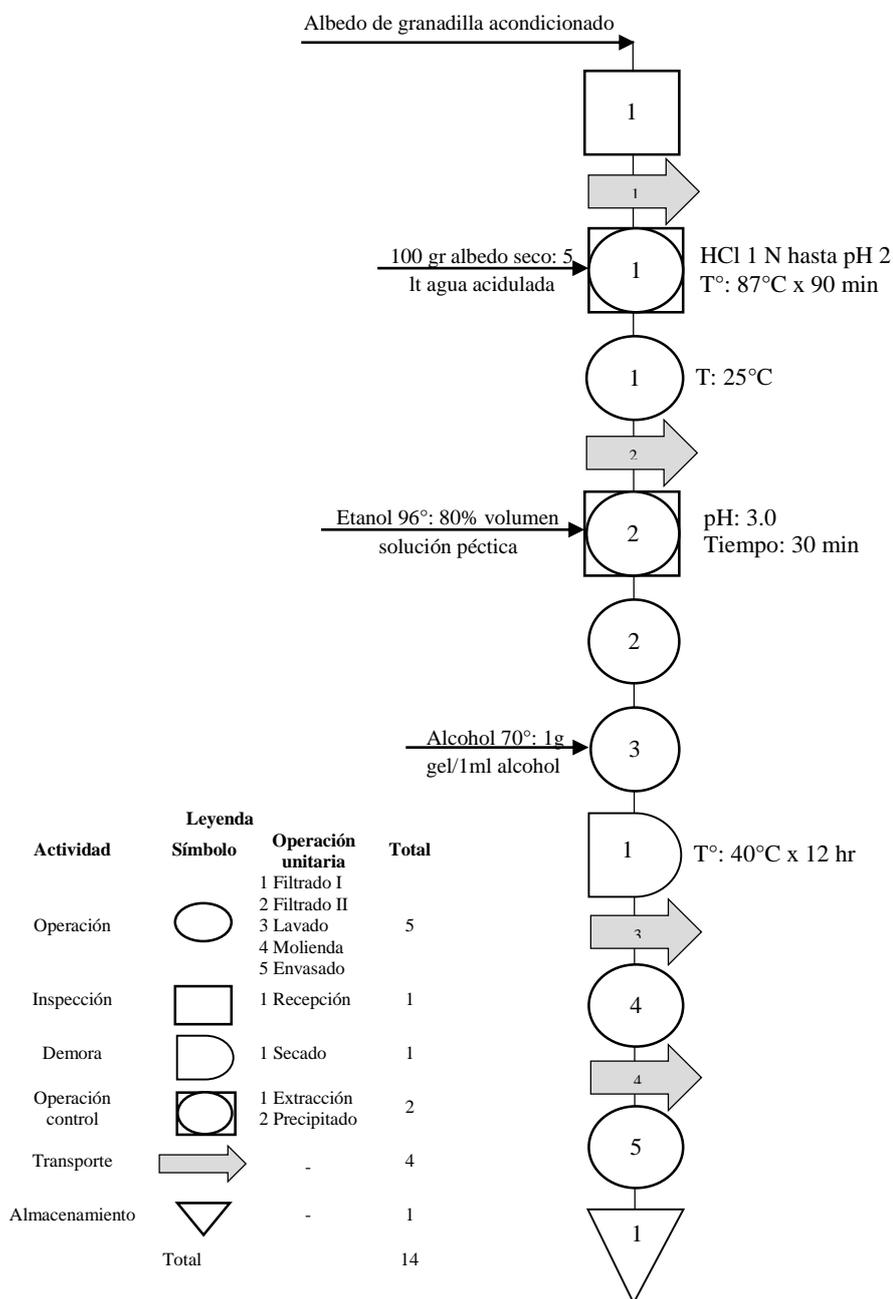


Gráfico 16. Diagrama de proceso para la extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)
Fuente: Elaboración propia

Tabla 22. Descripción de actividades con tiempos en el proceso de extracción de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss)

	Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos		Tiempo estándar de producción en minutos
1. Filtrado I	45.00	1. Pesado	10.00	1. Secado	720.00	1. Extracción	90.00
2. Filtrado II	45.00					2. Precipitado	30.00
3. Lavado	25.00						
4. Molienda	60.00						
5. Envasado	45.00						
Total de tiempo	220.00		10.00		720.00		120.00
Tiempo en hora	3.67		0.17		12.00		2.00

Fuente: Elaboración propia

4.3. Evaluación de las características físico-químicas de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)

La tabla 23, presenta los resultados de las características físico-químicas de la pectina de granadilla y pectina comercial, valores que se obtuvieron de un promedio de tres repeticiones; comparadas con la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) y FAO (1978).

Tabla 23. Características físico-químicas de la pectina de granadilla y pectina comercial comparadas con la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) y FAO (1978)

Características físico-químicas	Pectina de granadilla	Pectina comercial	NTP 209.710 (INDECOPI, 2014)	FAO (1978)
Humedad (%)	9.15±0.01%	9.26±0.01%	Máximo 10.0%	Máx 12%
Cenizas (%)	1.74±0.01%	1.79±0.01%	Máximo 4.0%	-
Alcalinidad de cenizas (%)	1.64±0.01%	1.74±0.01%	Máximo 3.6%	-
Peso equivalente (mg/meq)	1309.52±0.14 mg/meq	1578.7±0.16 mg/meq	Mínimo 1000 mg/meq	-
Contenido de metoxilo (%)	8.06±0.05%	8.15±0.08%	Mínimo 7.0%	-
Ácido galacturónico (%)	67.1±0.07%	59.74±0.09%	Mínimo 78%	Min 65%
Grado de esterificación (%)	74.82±0.04%	77.42±0.06%	HM, Mínimo 50% LM, Máximo 50%	-
Grado de gelificación (°SAG)	145±0.18 °SAG	150±0.15 °SAG	80 (pectinas sólidas) 10 (pectinas líquidas)	-

Nota: Valores expresados como media±desviación estándar

Fuente: Elaboración Propia

4.3.1. Humedad (%)

De la tabla 23, se observa que el valor de humedad de la pectina extraída es 9.15%, menor al 9.26% de la pectina comercial, esta diferencia se debió a las condiciones de prensado y secado en la estufa; del mismo modo Cabarcas *et al.*

(2012), afirma que la disminución de humedad contribuye a la estabilidad, mayor tiempo de vida útil y menos posibilidades del desarrollo de microorganismos; además se visualiza que los datos están dentro del rango permitido por la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014).

El análisis de varianza del contenido de humedad de la pectina de granadilla y la pectina comercial se muestran en la tabla 24.

Tabla 24. Análisis de varianza del contenido de humedad

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Humedad	1	0.018127	0.018127	66.57	0.001
Error	4	0.001089	0.000272		
Total	5	0.019216			

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de la tabla 24, arrojan que existe diferencia significativa entre las medias de los tratamientos; o sea el valor p es menor a 0.05.

4.3.2. Cenizas (%)

La cantidad de cenizas de la pectina de granadilla fue 1.74% y el de la pectina comercial 1.79%, dicho aumento que presenta la pectina comercial, se debió a la estandarización por adición de azúcares, citrato de sodio y fosfato de sodio utilizadas para pectinas comerciales (Barazarte, 2006); sin embargo ambos resultados comparados con la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) están dentro de los límites establecidos.

La tabla 25, detalla el análisis estadístico de cenizas de la pectina de granadilla y la pectina comercial.

Tabla 25. Análisis de varianza de la cantidad de cenizas

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Cenizas	1	0.002452	0.002452	20.50	0.011
Error	4	0.000479	0.000120		
Total	5	0.002931			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 25, se observa que el valor p es menor a 0.05, es decir el contenido de cenizas difiere significativamente de las medias de los grupos.

4.3.3. Alcalinidad de cenizas o porcentaje de carbonato (%AC)

La variación en el contenido de la alcalinidad de cenizas entre la pectina extraída y la pectina comercial, se debe principalmente a la mezcla de la pectina con azúcar, lo cual evita la tendencia a formar grumos debido a su gran tendencia higroscópica (Lujan, 2008); además se observa que los valores se encuentran dentro de la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014).

En la tabla 26, se presenta el análisis de varianza del contenido de la alcalinidad de cenizas de la pectina extraída y la pectina comercial.

Tabla 26. Análisis de varianza del contenido de la alcalinidad de cenizas

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Alcalinidad de cenizas	1	0.019410	0.019410	96.98	0.001
Error	4	0.000801	0.000200		
Total	5	0.020211			

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 26, se afirma que existe diferencia significativa en la determinación de la alcalinidad de cenizas entre los tratamientos.

4.3.4. Peso equivalente (PE)

En cuanto a la cantidad de peso equivalente se tiene 1309.52 mg/meq en la pectina de granadilla y 1578.7 mg/meq de la pectina comercial, estos valores difieren entre sí; debido a la degradación parcial de la pectina ocasionada en el proceso de extracción, generando una fragmentación de las cadenas de los ácidos galacturónicos, que representa un menor peso molecular y por ende bajo peso equivalente (Molina 2016); y según la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) los resultados hallados se encuentran dentro del rango permitido.

En la tabla 27, se percibe el análisis de varianza aplicado a los valores del peso equivalente.

Tabla 27. Análisis de varianza de la cantidad de peso equivalente

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Peso equivalente	1	7496.23	7496.23	393671.91	0.001
Error	4	0.08	0.02		
Total	5	7496.31			

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de varianza determinó que el peso equivalente presentó efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la pectina de granadilla y pectina comercial.

4.3.5. Contenido de metoxilos (%Me)

Con respecto al contenido de metoxilo existe una diferencia entre la pectina de granadilla (8.06%) y la pectina comercial (8.15%); dicha variación fue relacionado a la composición química del fruto y al agente de extracción, que posiblemente induce el rompimiento de los ésteres metílicos y en consecuencia,

causa una disminución del contenido de metoxilo (Arellanes 2011); comparándolo con lo reportado por la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) los valores se encuentran dentro de los parámetros exigidos.

De la tabla 28, se indica el análisis de varianza para el contenido de metoxilo de las medias de las pectinas analizadas.

Tabla 28. Análisis de varianza del contenido de metoxilo

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Contenido de metoxilo	1	0.006655	0.006655	1.31	0.316
Error	4	0.020339	0.005085		
Total	5	0.026994			

Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la tabla 28, que el valor p es mayor a 0.05; por lo tanto no hay diferencia significativa entre las medias de las pectinas estudiadas.

4.3.6. Contenido de ácido galacturónico (%AG)

Al realizar una comparación del ácido galacturónico de la pectina extraída frente a la pectina comercial se observó que difieren en el contenido; esto se debió a la presencia de azúcares estandarizantes y sales buffers usadas para su normalización (León y Riveros, 2014). De acuerdo a la FAO (1978), una pectina de buena calidad no debe ser menor del 65% en ácido galacturónico y de esta relación se deduce que la pectina de granadilla está dentro del límite establecido. De la tabla 29, se muestra los resultados hallados del análisis de varianza y la significancia obtenida.

Tabla 29. Análisis de varianza del porcentaje de ácido galacturónico

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Ácido galacturónico	1	81.8220	81.8220	39520.33	0.001
Error	4	0.0083	0.0021		
Total	5	81.8303			

Fuente: Elaboración Propia

Del análisis de varianza fijado en la tabla 29, se infiere que existe evidencia estadística ($p < 0.05$) del porcentaje de ácido galacturónico.

4.3.7. Grado de esterificación (%GE)

El valor del grado de esterificación de la pectina obtenida fue 74.82%; siendo menor que la pectina comercial; la variación se debió a las reacciones con ácidos diluidos, álcalis o medios enzimáticos, los cuales actúan sobre el grupo metil éster originando un proceso de desesterificación (Barazarte, 2006) y conforme a la NTP 209.710 (INDECOPI, 2014) los resultados hallados se encuentran dentro del rango establecido.

La tabla 30 presenta, el análisis de varianza del grado de esterificación.

Tabla 30. Análisis de varianza de la cantidad del grado de esterificación

Fuente	GL	SC	CM	Valor F	Valor p
Grado de esterificación	1	9.86604	9.86604	4368.49	0.001
Error	4	0.00903	0.00226		
Total	5	9.87507			

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la tabla 30, se determinó que no existe diferencia significativa en la cantidad del grado de esterificación en las medias de las pectinas.

4.3.8. Grado de gelificación (°SAG) y tiempo de gelificación

En base a los valores del grado de esterificación y ácido galacturónico, se deduce que la pectina extraída es de alto metoxilo y en consecuencia; la tabla 26 reporta la formación de gel, utilizando 0.5 gr, 0.7 gr y 0.9 gr de pectina de granadilla y pectina comercial, resultando como mejor combinación las muestras con 0.7 gr de pectina, respectivamente.

Tabla 31. Evaluación del grado de gelificación de la pectina de granadilla y pectina comercial

Pectina evaluada	Pectina/gotas de ácido cítrico/sacarosa	Observaciones
Pectina de granadilla	0.5/35/100	Formación de un gel débil (gelatinoso).
	0.7/51/100	Formación de un gel consistente (uniforme).
	0.9/61/100	Formación de una masa dura.
Pectina comercial	0.5/35/100	Se forman dispersiones viscosas.
	0.7/49/100	Formación de un gel consistente (uniforme).
	0.9/61/100	Formación de una masa dura.

Fuente: Elaboración propia

La tabla 32, muestra los resultados del grado y tiempo de gelificación.

Tabla 32. Resultados finales del grado de gelificación y tiempo de gelificación de la pectina de granadilla y pectina comercial

Pectina evaluada	Pectina (gr)	Sacarosa (gr)	°SAG	Media±Desviación estándar	Tiempo de gelificación (seg)
Pectina de granadilla	0.6889	100	145.157	145±0.18	53
	0.6892	100	145.086		53
	0.6897	100	144.975		53
Pectina comercial	0.6654	100	150.264	150±0.15	50
	0.6683	100	149.619		50
	0.6659	100	150.151		50

Fuente: Elaboración propia

La tabla 32, muestra que las mejores presentaciones de gel se obtuvieron con pesos que van desde 0.6654 gr y 0.6897 gr de pectina de granadilla y pectina comercial, resultando 145°SAG y 150°SAG, respectivamente. Los resultados de la literatura indican que las pectinas comerciales de buena calidad tienen grados de gelificación que van desde 130°SAG a 150°SAG (Álvarez, 2007), y de esta información, se afirma que la pectina está dentro de los límites permitidos.

Con respecto al tiempo de gelificación de la pectina extraída y pectina comercial se registró un lapso de 53 segundos y 50 segundos, respectivamente, cuyos valores se encuentran dentro del rango establecido por Galeas (2015), que fija para las pectinas de gelificación rápida, tiempos que van desde 20-70 segundos.

4.4. Evaluación de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss) a diferentes concentraciones y temperaturas de los tratamientos de estudio y selección del mejor tratamiento

Los resultados de la viscosidad de la pectina de granadilla se realizaron mediante las ecuaciones de los modelos reológicos de Ostwald-Waele, Herschel-Bulkley y Steiger/Ory, cuyos valores se representan en la tabla 33, los cuales se obtuvieron de tres repeticiones; comparadas con la pectina comercial.

Tabla 33. Ecuaciones de los modelos reológicos en función a las diferentes concentraciones y temperaturas de la pectina de granadilla y pectina comercial

Modelo reológico	Concentración (%)	Temperatura (°C)	Pectina de granadilla	Pectina comercial
Modelo de Ostwald-Waele	0.30	60	$\sigma = 0.402 \cdot \gamma^{0.943}$	$\sigma = 0.401 \cdot \gamma^{0.930}$
			$\sigma = 0.410 \cdot \gamma^{0.946}$	$\sigma = 0.408 \cdot \gamma^{0.936}$
			$\sigma = 0.421 \cdot \gamma^{0.952}$	$\sigma = 0.415 \cdot \gamma^{0.949}$
		70	$\sigma = 0.292 \cdot \gamma^{0.959}$	$\sigma = 0.210 \cdot \gamma^{0.957}$
			$\sigma = 0.280 \cdot \gamma^{0.965}$	$\sigma = 0.216 \cdot \gamma^{0.961}$
			$\sigma = 0.305 \cdot \gamma^{0.972}$	$\sigma = 0.219 \cdot \gamma^{0.964}$
		80	$\sigma = 0.103 \cdot \gamma^{0.976}$	$\sigma = 0.104 \cdot \gamma^{0.970}$
			$\sigma = 0.109 \cdot \gamma^{0.978}$	$\sigma = 0.115 \cdot \gamma^{0.982}$
			$\sigma = 0.112 \cdot \gamma^{0.981}$	$\sigma = 0.121 \cdot \gamma^{0.989}$
		90	$\sigma = 0.098 \cdot \gamma^{0.996}$	$\sigma = 0.089 \cdot \gamma^{0.992}$
			$\sigma = 0.081 \cdot \gamma^{0.982}$	$\sigma = 0.088 \cdot \gamma^{0.986}$
			$\sigma = 0.076 \cdot \gamma^{0.985}$	$\sigma = 0.096 \cdot \gamma^{0.994}$
Modelo de Herschel-Bulkley	0.85	60	$\sigma = 2.238 + 1.200 \cdot \gamma^{0.835}$	$\sigma = 2.017 + 1.146 \cdot \gamma^{0.828}$
			$\sigma = 2.241 + 1.205 \cdot \gamma^{0.838}$	$\sigma = 2.020 + 1.150 \cdot \gamma^{0.826}$
			$\sigma = 2.245 + 1.207 \cdot \gamma^{0.841}$	$\sigma = 2.026 + 1.157 \cdot \gamma^{0.830}$
		70	$\sigma = 1.406 + 0.910 \cdot \gamma^{0.864}$	$\sigma = 1.251 + 0.836 \cdot \gamma^{0.854}$
			$\sigma = 1.412 + 0.923 \cdot \gamma^{0.868}$	$\sigma = 1.255 + 0.842 \cdot \gamma^{0.857}$
			$\sigma = 1.416 + 0.928 \cdot \gamma^{0.871}$	$\sigma = 1.258 + 0.845 \cdot \gamma^{0.862}$
		80	$\sigma = 1.006 + 0.601 \cdot \gamma^{0.891}$	$\sigma = 0.914 + 0.506 \cdot \gamma^{0.884}$
			$\sigma = 1.010 + 0.611 \cdot \gamma^{0.909}$	$\sigma = 0.918 + 0.512 \cdot \gamma^{0.888}$
			$\sigma = 1.013 + 0.615 \cdot \gamma^{0.914}$	$\sigma = 0.923 + 0.519 \cdot \gamma^{0.893}$
		90	$\sigma = 0.601 + 0.309 \cdot \gamma^{0.928}$	$\sigma = 0.412 + 0.269 \cdot \gamma^{0.919}$
			$\sigma = 0.608 + 0.317 \cdot \gamma^{0.930}$	$\sigma = 0.409 + 0.266 \cdot \gamma^{0.915}$
			$\sigma = 0.617 + 0.325 \cdot \gamma^{0.939}$	$\sigma = 0.418 + 0.275 \cdot \gamma^{0.927}$
Modelo de Steiger/Ory	1.80	60	$\sigma = 4.022\gamma + 2.302\gamma^{0.711}$	$\sigma = 4.035\gamma + 2.397\gamma^{0.746}$
			$\sigma = 4.028\gamma + 2.310\gamma^{0.719}$	$\sigma = 4.040\gamma + 2.412\gamma^{0.751}$
			$\sigma = 4.033\gamma + 2.316\gamma^{0.725}$	$\sigma = 4.045\gamma + 2.415\gamma^{0.758}$
		70	$\sigma = 3.401\gamma + 1.996\gamma^{0.740}$	$\sigma = 3.216\gamma + 2.182\gamma^{0.768}$
			$\sigma = 3.408\gamma + 2.010\gamma^{0.745}$	$\sigma = 3.210\gamma + 2.173\gamma^{0.772}$
			$\sigma = 3.411\gamma + 2.014\gamma^{0.752}$	$\sigma = 3.213\gamma + 2.179\gamma^{0.779}$
		80	$\sigma = 2.511\gamma + 1.715\gamma^{0.773}$	$\sigma = 2.314\gamma + 1.703\gamma^{0.791}$
			$\sigma = 2.505\gamma + 1.708\gamma^{0.780}$	$\sigma = 2.309\gamma + 1.695\gamma^{0.796}$
			$\sigma = 2.508\gamma + 1.713\gamma^{0.785}$	$\sigma = 2.318\gamma + 1.708\gamma^{0.809}$
		90	$\sigma = 1.604\gamma + 1.390\gamma^{0.819}$	$\sigma = 1.702\gamma + 1.492\gamma^{0.833}$
			$\sigma = 1.608\gamma + 1.403\gamma^{0.823}$	$\sigma = 1.708\gamma + 1.507\gamma^{0.837}$
			$\sigma = 1.613\gamma + 1.407\gamma^{0.829}$	$\sigma = 1.706\gamma + 1.501\gamma^{0.844}$

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 33, se observa que las ecuaciones de los modelos reológicos encontrados de la pectina de granadilla son similares a los de la pectina comercial; al igual que en la investigación de Estrada *et al.* (2004), encontrando que el bagazo de melocotón se ajustó a los modelos de Ostwald-Waele y Herschel-Bulkley a concentraciones del 0.85% y 2% a temperaturas de 25°C, 55°C y 90°C.

En la tabla 34 y gráfico 17, se visualizan los resultados de la viscosidad de la pectina de granadilla y la pectina comercial; además se describe que la viscosidad disminuye con el incremento de la temperatura, esto es debido al hecho de que las fuerzas viscosas son superadas por la energía cinética, dando lugar a una disminución de la viscosidad (Ramírez, 2006); pero también se explica un efecto opuesto, cuando la viscosidad aumenta con la concentración, este comportamiento puede atribuirse al mayor contenido de sólidos totales en la dispersión, los cuales genera un incremento de la viscosidad debido a los movimientos intermoleculares producidas por la fuerza (Pagán, 2000).

Tabla 34. Comparación de los valores de la viscosidad (Pa.s) de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) y la pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas

Concentración (%)	Repeticiones	60°C		70°C		80°C		90°C	
		Pectina de granadilla	Pectina comercial						
0.30	1	0.402	0.401	0.292	0.210	0.103	0.104	0.098	0.089
	2	0.410	0.408	0.280	0.216	0.109	0.115	0.081	0.088
	3	0.421	0.415	0.305	0.219	0.112	0.121	0.076	0.096
0.85	1	1.200	1.146	0.910	0.836	0.601	0.506	0.309	0.269
	2	1.205	1.150	0.923	0.842	0.611	0.512	0.317	0.266
	3	1.207	1.157	0.928	0.845	0.615	0.519	0.325	0.275
1.80	1	2.302	2.397	1.996	2.182	1.715	1.703	1.390	1.492
	2	2.310	2.412	2.010	2.173	1.708	1.695	1.403	1.507
	3	2.316	2.415	2.014	2.179	1.713	1.708	1.407	1.501

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 17, se presenta la media de los valores para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.

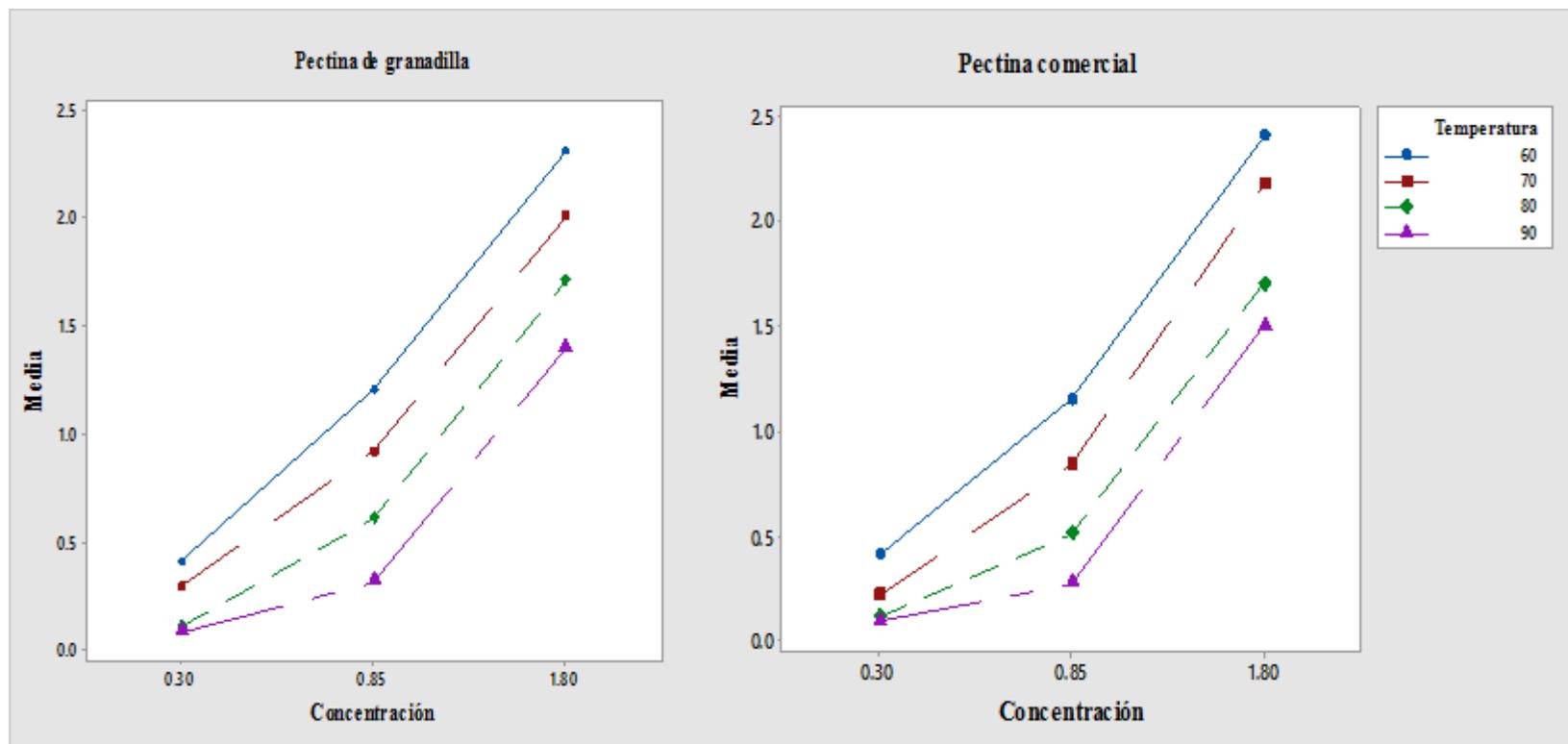


Gráfico 18. Viscosidad para la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas
Fuente: Elaboración propia

Finalmente en la tabla 35, se muestra el índice de comportamiento de flujo (n) por cada modelo reológico para la pectina de granadilla y pectina comercial, estos valores se realizaron por triplicado.

Tabla 35. Modelos reológicos para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas

Tipo de fluido	Modelo reológico	Concentración (%)	60°C		70°C		80°C		90°C	
			Pectina de granadilla	Pectina comercial						
P S E U D O P L Á S T I C O	Modelo de Ostwald-Waele	0.30	0.943	0.930	0.959	0.957	0.976	0.970	0.996	0.992
			0.946	0.936	0.965	0.961	0.978	0.982	0.982	0.986
			0.952	0.949	0.972	0.964	0.981	0.989	0.985	0.994
	Modelo de Herschel-Bulkley	0.85	0.835	0.828	0.864	0.854	0.891	0.884	0.928	0.919
			0.838	0.826	0.868	0.857	0.909	0.888	0.930	0.915
			0.841	0.830	0.871	0.862	0.914	0.893	0.939	0.927
	Modelo de Steiger/Ory	1.80	0.711	0.746	0.740	0.768	0.773	0.791	0.819	0.833
			0.719	0.751	0.745	0.772	0.780	0.796	0.823	0.837
			0.725	0.758	0.752	0.779	0.785	0.809	0.829	0.844

Fuente: Elaboración propia

El gráfico 18, representa la media del índice de comportamiento de flujo (n) para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas.

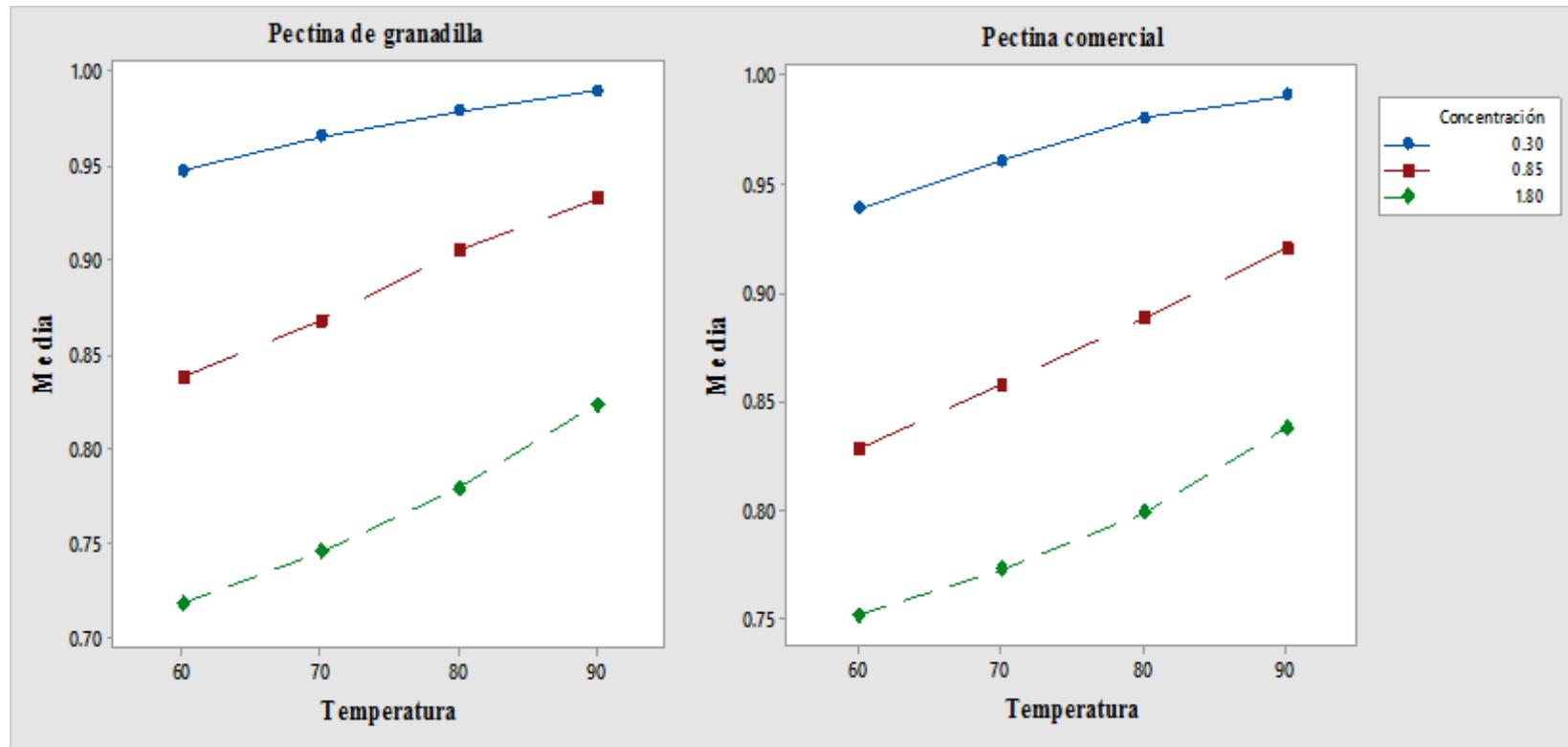


Gráfico 19. Índice de comportamiento de flujo para la pectina de granadilla y pectina comercial a diferentes concentraciones y temperaturas

Fuente: Elaboración propia

La tabla 35, muestra que el índice de comportamiento de flujo (n) para la pectina de granadilla y la pectina comercial, se ajustaron a los modelos reológicos de Ostwald-Waele, Herschel-Bulkley y Steiger/Ory en las concentraciones de 0.3%, 0.85% y 1.80%, respectivamente, puesto que en todos los casos los valores son menores a la unidad, lo que nos indica que se trata de un fluido pseudoplástico; donde la viscosidad aparente decrece cuando aumenta el gradiente de velocidad de deformación, debido a la ruptura o reorganización continua de la estructura, dando como resultado una menor resistencia al flujo y a la vez a la presencia de sustancias de alto peso molecular (Pagán, 2000); este mismo comportamiento se ha presentado en Estrada *et al.* (2004) al trabajar con la pectina del bagazo de melocotón; además se explica en la gráfico 18, que el índice de comportamiento de flujo (n) aumenta a medida que se incrementa la temperatura; pero también se describe un efecto contrario, cuando la concentración aumenta el índice de comportamiento de flujo (n) disminuye (Pagán, 2000).

4.4.1. Comprobación de supuestos para pruebas paramétricas

A continuación se presenta la comprobación de los supuestos para pruebas paramétricas en los valores de la viscosidad de la pectina de granadilla y la pectina comercial.

a. Prueba de independencia para los valores de la viscosidad

El gráfico 19, indica la prueba de independencia de observaciones para viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial.

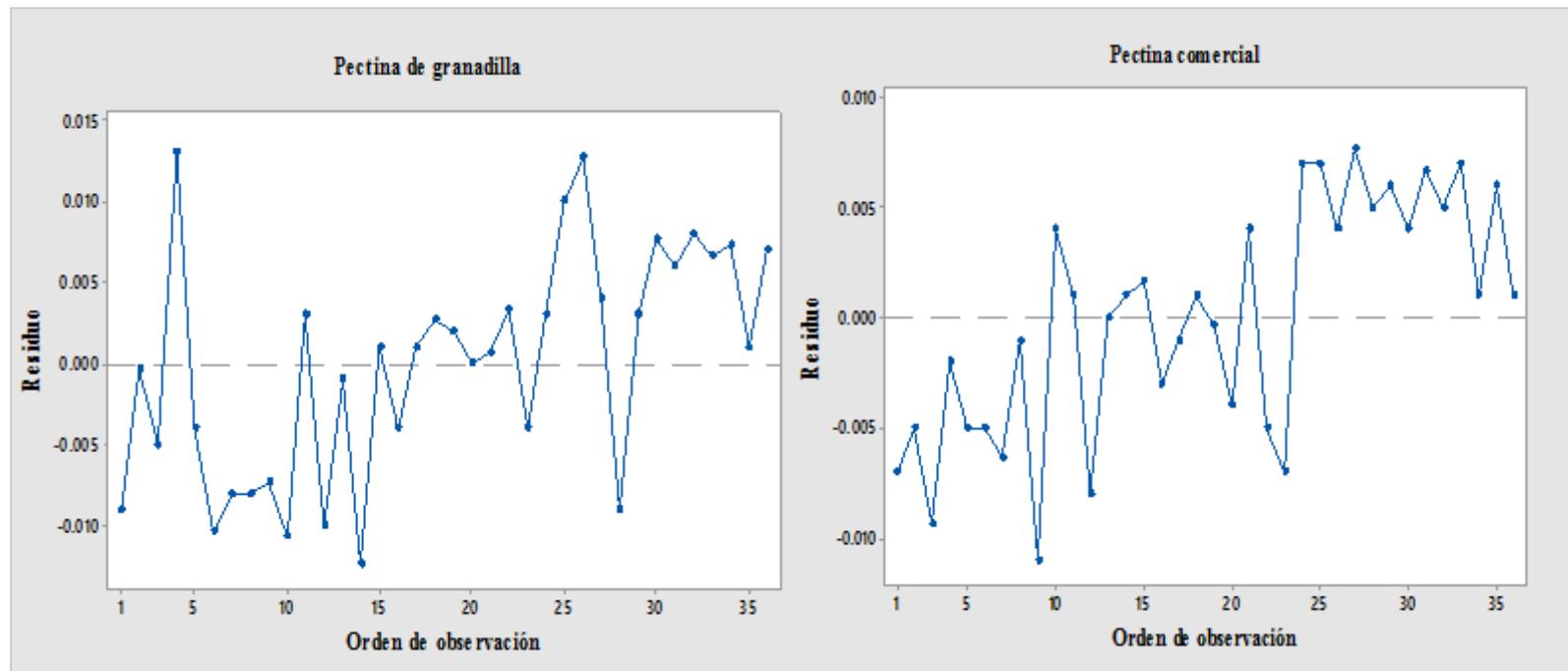


Gráfico 19. Prueba de independencia de observaciones para viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al resultado obtenido, se demuestra que el comportamiento de los valores de la viscosidad es autónomo; ya que los experimentos no dependen entre sí.

b. Prueba de normalidad para los valores de la viscosidad

El gráfico 20, señala el método de Shapiro-Wilk utilizado en los resultados de viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.

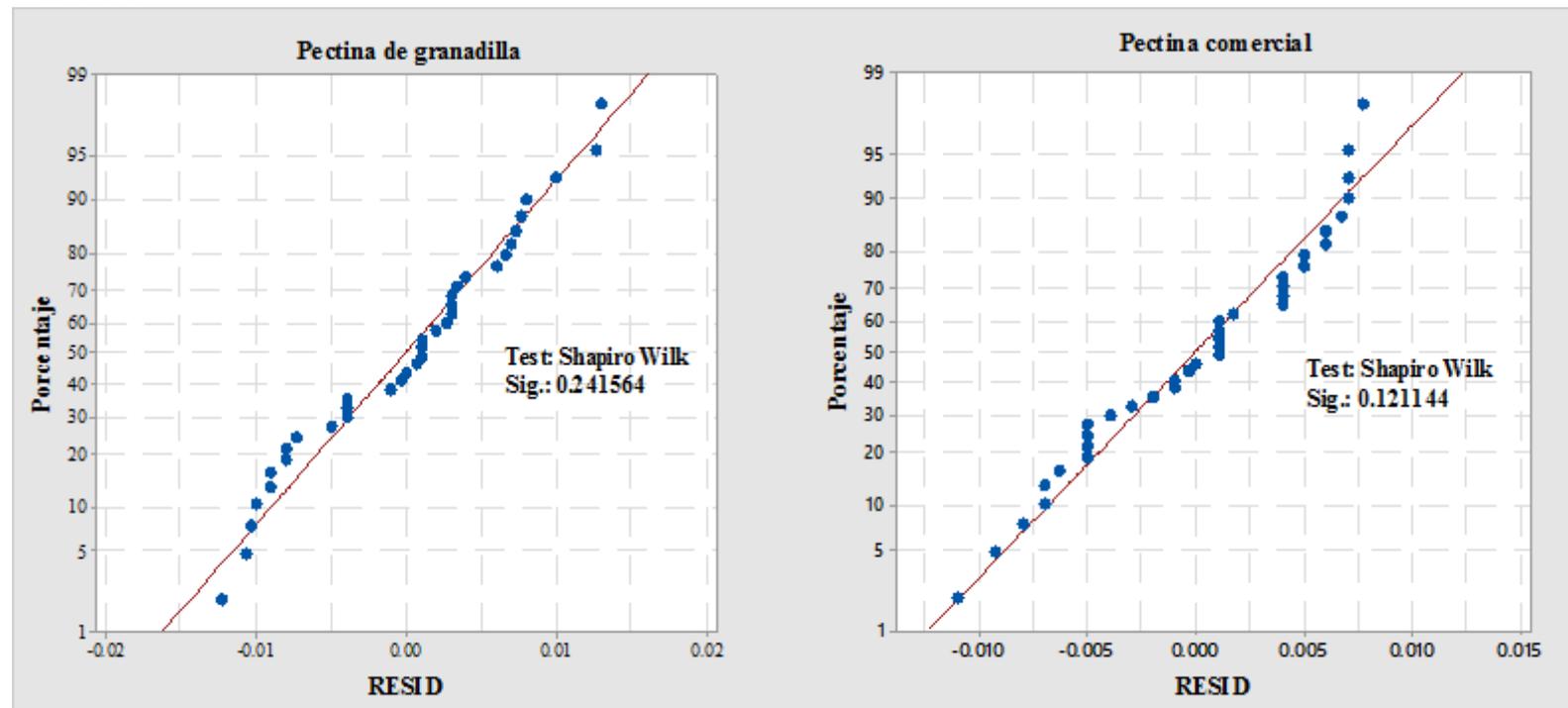


Gráfico 20. Prueba de normalidad para viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial

Fuente: Elaboración propia

Tal como se representa, los resultados de la viscosidad se distribuyen normalmente; ya que sig. (p) es mayor a 0.05 en la pectina de granadilla y pectina comercial.

c. Prueba de igualdad de varianzas para los valores de la viscosidad

En la tabla 36, se muestra el método de Levene empleado en los valores para la viscosidad de la pectina obtenida y pectina comercial.

Tabla 36. Método de Levene para la viscosidad en la pectina de granadilla y pectina comercial

Prueba de viscosidad	Método	Valor p
Pectina de granadilla	Levene	0.970
Pectina comercial		0.995

Fuente: Elaboración propia

En la tabla expuesta se observa, la existencia de igualdad de varianzas ($p > 0.05$) en los resultados encontrados para la viscosidad de la pectina obtenida y pectina comercial.

4.4.2. Pruebas paramétricas

De los resultados anteriores, se afirma que los valores de la viscosidad cumplen con los supuestos para pruebas paramétricas, por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza y luego la prueba de significancia de Tukey y correlación de Pearson.

a. Análisis de varianza

La tabla 37, describe el análisis de varianza en los factores de estudio e interacción en la pectina de granadilla y pectina comercial.

Tabla 37. Análisis de varianza de la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados		Cuadrados medios		Valor F		Valor p	
		PG	PC	PG	PC	PG	PC	PG	PC
A	1	16.5882	19.1657	16.5882	19.1657	2947.52	1543.34	0.0001**	0.0001**
B	1	2.69151	2.76879	2.69151	2.76879	478.25	222.96	0.0001**	0.0001**
A*B	1	0.212708	0.29219	0.212708	0.29219	37.80	23.53	0.0001**	0.0001**
Error	30	0.168836	0.372549	0.00562787	0.0124183				
Total	35	19.5318	22.4406						

A: Concentración

B: Temperatura

A*B: Concentración*Temperatura

GL: Grados de libertad

PG: Pectina de granadilla

PC: Pectina comercial

**Altamente significativo

Fuente: Elaboración propia

Al realizar el análisis de varianza, tanto para los factores de estudio concentración (A) y temperatura (B) como para la interacción

(A*B) existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos.

El gráfico 21, especifica el diagrama de Pareto estandarizado para los factores de estudio en la pectina de granadilla y la pectina comercial.

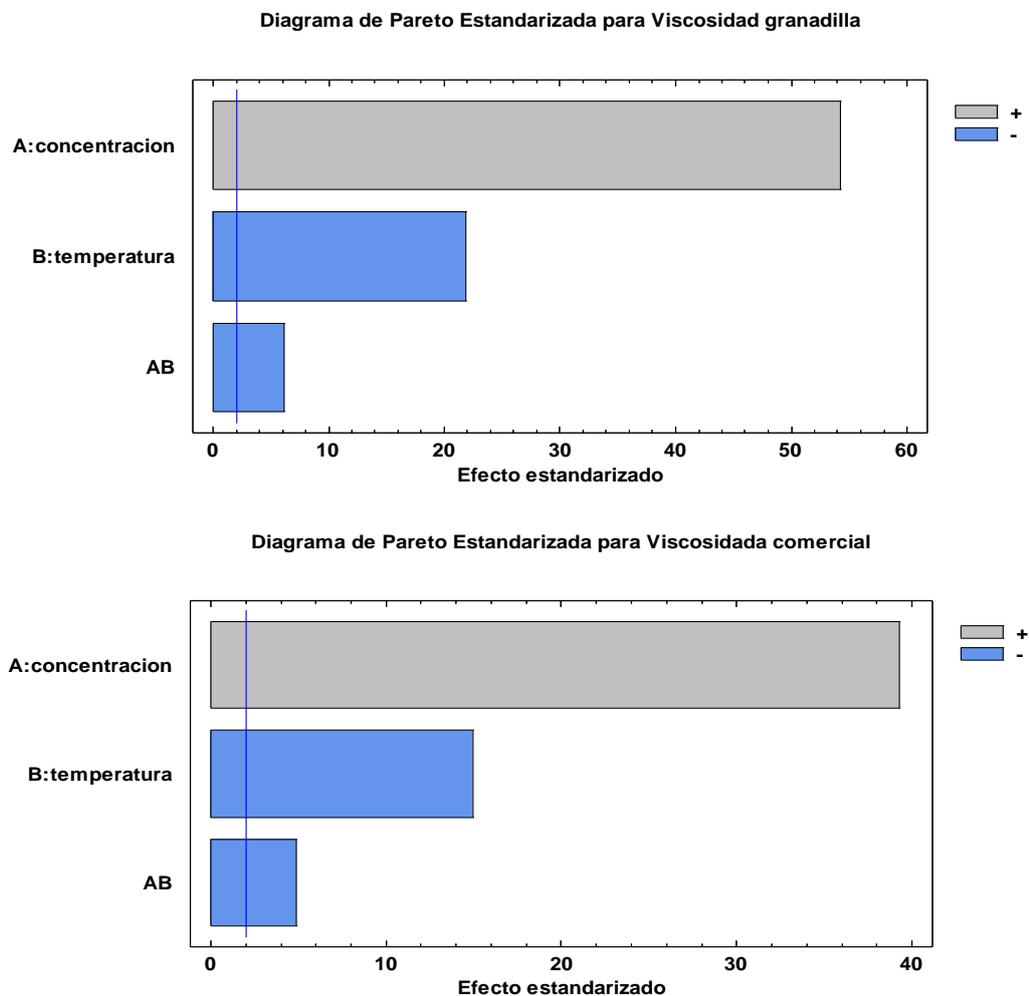
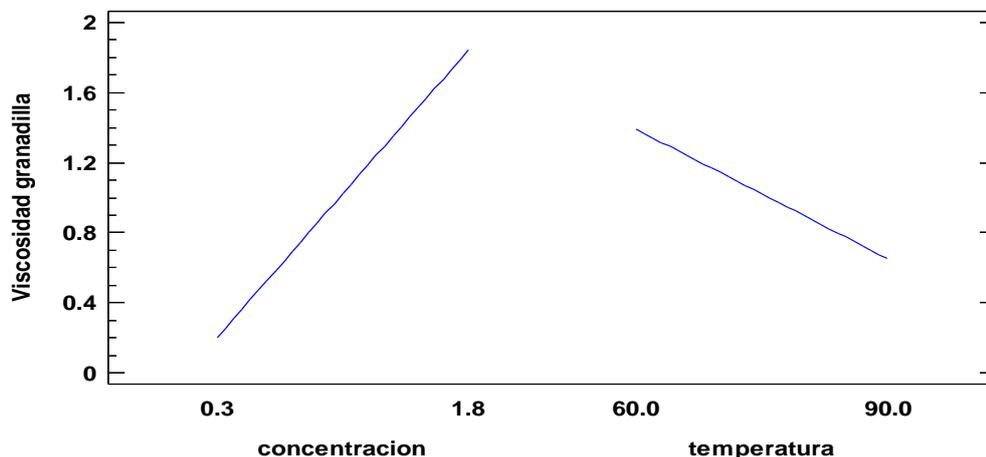


Gráfico 21. Diagrama de Pareto estandarizados para los factores experimentales
Fuente: Elaboración propia

El diagrama de Pareto estandarizado, esquematiza la variación positiva (gris claro) que representa la relación entre la variable de entrada y salida o negativa de las variables de respuesta (azul) que muestra la relación entre estas variables; además se observa la longitud de cada barra equivale al efecto estandarizado y la línea vertical indica la separación entre los efectos significativos y no significativos.

En el gráfico 22, se representa el diagrama de efectos individuales para los factores de estudio en la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.

Gráfica de Efectos Principales para Viscosidad granadilla



Gráfica de Efectos Principales para Viscosidad comercial

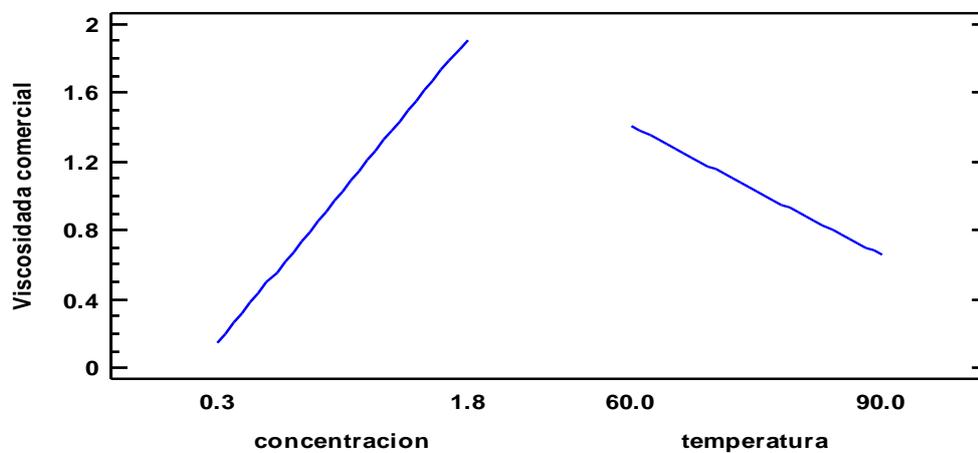


Gráfico 22. Diagrama de efectos individuales para los factores experimentales
Fuente: Elaboración propia

En el diagrama de efectos individuales que tienen los factores experimentales sobre la variable de respuesta, se observa una mayor pendiente en la variación de la concentración 1.80% y la temperatura de 60°C sobre la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial.

b. Prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey

- **Prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey: Concentración**

La tabla 38, precisa la prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey para la concentración.

Tabla 38. Prueba de significancia de Tukey para la concentración

Concentración (%)	N	Medias		Agrupación	
		PG	PC	PG	PC
A ₃	12	1.85700	1.94700	a	a
A ₂	12	0.76258	0.69358	b	b
A ₁	12	0.22408	0.20683	c	c

A₃: 1.80%

A₂: 0.85%

A₁: 0.30%

PG: Pectina de granadilla

PC: Pectina comercial

Fuente: Elaboración propia

En la prueba de Tukey, para la concentración, la agrupación de las medias que no comparten una letra tiene un efecto significativo, es decir, son diferentes entre sí.

- **Prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey: Temperatura**

De la tabla 39, se observa la prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey para la temperatura.

Tabla 39. Prueba de significancia de Tukey para la temperatura

Temperatura (°C)	N	Medias		Agrupación	
		PG	PC	PG	PC
B ₁	9	1.30811	1.32233	a	a
B ₂	9	1.07311	1.07800	b	b
B ₃	9	0.80967	0.77589	c	c
B ₄	9	0.60067	0.62033	d	d

B₁: 60°C

B₂: 70°C

B₃: 80°C

B₄: 90°C

PG: Pectina de granadilla

PC: Pectina comercial

Fuente: Elaboración propia

Al realizar la prueba de Tukey para las medias de la variable temperatura, estas son estadísticamente diferentes.

- **Prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey: Concentración x Temperatura**

La tabla 40, muestra la prueba de la diferencia mínima significativa de Tukey para la interacción concentración x temperatura.

Tabla 40. Prueba de significancia de Tukey para la interacción concentración x temperatura

Tratamiento	N	Medias		Agrupación	
		PG	PC	PG	PC
T ₉	3	2.30933	2.40800	a	a
T ₁₀	3	2.00667	2.17800	b	b
T ₁₁	3	1.71200	1.70200	c	c
T ₁₂	3	1.40000	1.50000	d	d
T ₅	3	1.20400	1.15100	e	e
T ₆	3	0.92033	0.84100	f	f
T ₇	3	0.60900	0.51233	g	g
T ₁	3	0.41100	0.40800	h	h
T ₈	3	0.31700	0.27000	i	i
T ₂	3	0.29233	0.21500	i	j
T ₃	3	0.10800	0.11333	j	k
T ₄	3	0.08500	0.09100	j	l

T₁, T₂... T₁₂: Los tratamientos se muestran en el gráfico 06

PG: Pectina de granadilla PC: Pectina comercial

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey, presenta al tratamiento T₉ como la mayor media con valores de 2.30933 y 2.40800 y al T₄ como la menor media con resultados de 0.08500 y 0.09100, para la pectina extraída y pectina comercial, respectivamente; además se observa que todas las medias son

estadísticamente diferentes, con excepción del T₈ y T₂ que comparten una misma letra para la pectina de granadilla.

c. Correlación de Pearson

La tabla 41, expone la correlación de Pearson para los factores de estudio.

Tabla 41. Correlación de Pearson de las variables de estudio

Variables de estudio		Pectina de granadilla	Pectina comercial
Concentración	Correlación de Pearson	0.922**	0.924**
	Sig. (bilateral)	0.000	0.000
	N	36	36
Temperatura	Correlación de Pearson	-0.362*	-0.341*
	Sig. (bilateral)	0.030	0.042
	N	36	36

**La correlación es significativa en el nivel 0.01 (bilateral)

*La correlación es significativa en el nivel 0.05 (bilateral)

Fuente: Elaboración propia

Los resultados para la correlación de Pearson son estadísticamente significativos para la concentración y la temperatura en la pectina de granadilla y pectina comercial, con un valor p menor a 0.05; es decir, que ambos factores afectan a la viscosidad; por otro lado, el valor de la correlación de Pearson reporta que la temperatura fue inversamente proporcional a la viscosidad de las variables de repuesta.

4.4.3. Selección del mejor tratamiento en la viscosidad de la pectina de granadilla

El gráfico 23, señala el mejor tratamiento para la viscosidad de la pectina de granadilla.

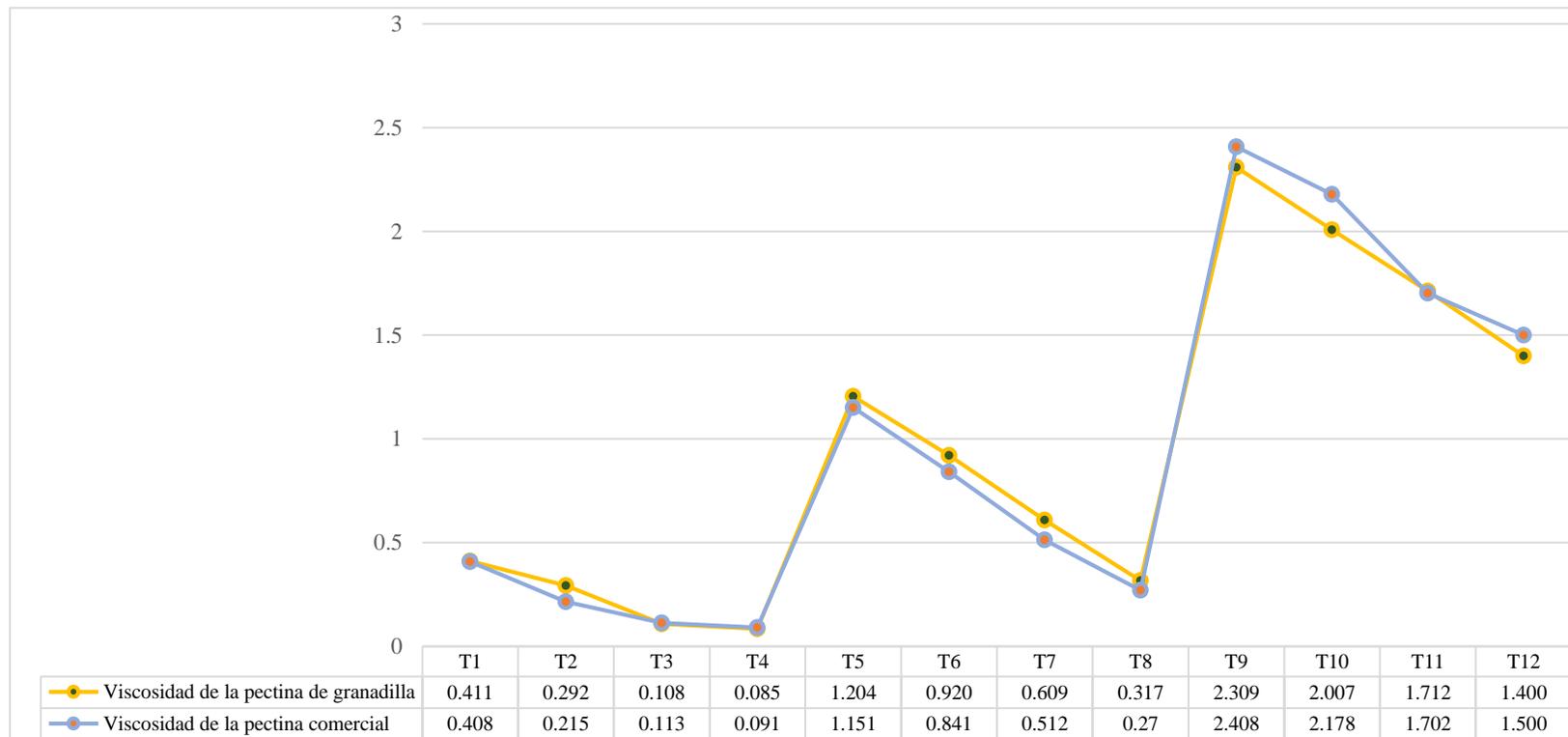


Gráfico 23. Selección del mejor tratamiento para la viscosidad de la pectina de granadilla

Fuente: Elaboración propia

Según se observa en el gráfico 23, los tratamientos T₁, T₃, T₄, T₅, T₈ y T₁₁ presentan un comportamiento similar a la viscosidad mostrada por la pectina comercial. Con todas estas consideraciones el mejor tratamiento de estudio es T₅ con una viscosidad de 1.204 Pa.s a 0.85%, 60°C; según Estrada *et al.* (2004), este valor se encuentra dentro de 1.15-1.405 Pa.s a 0.85%, 60°C, afirmando que la pectina extraída puede ser utilizada en la elaboración de geles de confitería y jaleas de frutas.

4.4.4. Comprobación de contrastación de hipótesis

La tabla 42, muestra la comprobación de la contrastación de hipótesis para la determinación de los factores de estudio.

Tabla 42. Contrastación de hipótesis para la determinación de los factores de estudio

Variable de respuesta	Factor experimental	Valor p	Aceptación o rechazo de hipótesis
Viscosidad (Pa.s)	Concentración (%)	0.0001	Se acepta H ₁
	Temperatura (°C)	0.0001	Se acepta H ₁

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 42, de acuerdo al planteamiento de la hipótesis estadístico nula se rechaza porque la concentración y temperatura si influye significativamente en la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*), debido a que el valor p es menor que 0.05; por lo tanto se acepta la hipótesis alterna en el presente trabajo de investigación.

V. CONCLUSIONES

- Las características físicas de la cáscara de granadilla dio como resultado epicarpio 74.17%, albedo 23.2% y endocarpio 2.63%, los análisis físico-químico del albedo de granadilla presento valores de proteínas 0.92%, humedad 88.93%, cenizas 1.97%, carbohidratos 6.04%, acidez titulable 0.76%, sólidos solubles 14°brix, sólidos totales 11.07% e índice de madurez 18.42 y el acondicionamiento del albedo de granadilla mostró un rendimiento de 4.63% en base seca y humedad 3.07%.
- El rendimiento de la pectina de granadilla fue 6.23% a pH de 2, temperatura de 87°C y tiempo de 90 min utilizando el método de hidrólisis ácida, lo cual es similar a la pectina similar.
- La pectina de granadilla determinó un contenido en sus características físico-químicas de humedad 9.15%, cenizas 1.74%, alcalinidad de cenizas 1.64%, peso equivalente 1309.52g/eq, contenido de metoxilo 8.06%, ácido galacturónico 67.1%, grado de esterificación 74.82% y grado de gelificación 145°SAG, que al ser comparadas con la pectina comercial mostraron resultados similares la cual dio las posibilidades de uso industrial.
- El efecto de la viscosidad de la pectina de granadilla se vio reflejado en un descenso a medida que fue aumentando la temperatura y viceversa al aumentar la concentración, esto se clasifica como un fluido no newtoniano del tipo pseudoplástico. En los tratamientos se ha demostrado que existe diferencia significativa en la concentración, temperatura e interacción; siendo el mejor tratamiento el T₅ (0.85%; 60°C), confirmando que la pectina de la investigación es similar a la pectina comercial.

VI. RECOMENDACIONES

- Tomando en cuenta la temperatura, agentes de extracción, tiempo de secado y cantidad de agua acidulada en la extracción de la pectina, se recomienda evaluar otros métodos de obtención como en estufa con circulación de aire caliente a 40°C, medio ambiente 25°C y agua acidulada 1:45, ácido sulfúrico y ácido cítrico a pH 3, con la finalidad de establecer el mejor rendimiento, comparar las características físico-químicas y reducir el tiempo de secado.
- Continuar con las posibles investigaciones en la utilización del bagazo de granadilla después de la extracción de pectina, por el método de electrodecantación utilizando un equipo de electroforesis o alumbre; ya que está es una sal económica y de fácil acceso.
- Investigar la forma de recuperar el alcohol procedente de la precipitación de la pectina utilizando el método de destilación para poder reutilizar el alcohol purificado, y de esta manera ahorrar en costos en la compra de este insumo.
- Para la dilución de las muestras en los análisis de viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial, se debe de tener cuidado al hechar la cantidad de agua destilada y la homogenización de la misma; ya que al agregar más de lo necesario influye en la viscosidad haciéndola disminuir y si se agrega menos se obtendrá una solución más viscosa influyendo en los cálculos para la determinación de la viscosidad.
- Llevar a cabo futuros estudios con otras passifloras (maracuyá y tumbo serrano) en el comportamiento reológico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso, E. 2010. *Estudio del comportamiento reológico de las pectinas con diferente grado galacturónico obtenida a partir de Citrus Paradisi (Gray Fruit)*. [Tesis para optar el grado de licenciatura en química y farmacia]. Fac. Química y Farmacia: Universidad de el Salvador.
- Arellanes, M. 2011. *Obtención y caracterización de pectina de la cáscara de cambur manzano (Musa AAB)*. [Tesis para optar el título de ingeniero químico]. Fac. de ingeniería: Universidad de Zulia.
- Arias, J. 2014. *Estudios de polinización y caracterización agromorfológica en Passiflora Ligularis Juss (granadilla) como base para su mejoramiento genético*. [Tesis para optar el título de magister en ciencias agrarias]. Fac. Ciencias Agrarias; Universidad Nacional de Colombia.
- Álvarez, M. 2007. *Desarrollo de un proceso a escala laboratorio para la obtención de pectina y taninos a partir de la algarroba (Hymenaea Courbaril-l) para ser utilizado en la industria alimenticia y la del cuero respectivamente*. [Tesis para optar el título de ingeniero de procesos]. Fac. de ingeniería: Universidad Eafit.
- Álvarez, U. 2011. *Comparación de las técnicas de extracción de pectina a partir de la cáscara de la parchita amarilla (Passiflora Edulis F. Flavicarpa)*. [Tesis de grado para optar el título de ingeniero químico]. Fac de ingeniería química: Universidad central de Venezuela.
- A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf> (accesado el 12 de Marzo, 2018).

- Aurand, L., Woods, A., Wells, M. 1987. *Food Composition and Analysis. An AVI Book*: New York.
- Banderas, M. 2012. *Análisis proximal de los principales nutricionales de arroz pulido, harina de trigo de flor, maíz Amarillo y papa chola*. [Tesis para optar el título en licenciado en ciencias químicas]. Fac. De ciencias exactas y naturales: Universidad católica del Ecuador.
- Barazarte, H. 2006. *Uso potencial de la cascara de cacao (Theobroma cacao) como fuente de pectina*. [Tesis para obtener el título de magister en ciencia de los alimentos]. Facultad de ciencias agrarias: Universidad Simón Bolívar.
- Carbajal, Luz. 2014. Relación entre los usos populares de la granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) y su composición fotoquímica. <http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-356120140002abstract&tlng=es>. (accesado el 10 de marzo, 2019).
- Cabarcas, E., A. Guerra y C. Henao. 2012. *Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción*. [Tesis de grado para optar el título de ingeniero químico]. Fac de Ingeniería Química: Universidad de Cartagena.
- Carpio, Tania. 2007. Sólidos totales secados a 103-105°C. <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+105%C2%BAC.pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b1019>. (accesado el 12 de enero, 2019).
- Chaparro, Sandra. 2015. Extracción de pectina del fruto del higo (*Opuntia ficus indica*) y su aplicación en un dulce de piña. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-422625000200017&script=sci_abstract&tlng=es. (accesado el 08 de marzo, 2019).

- Chasquibol Nancy, Edmundo Arroyo y Juan Morales. 2008. Extracción y Caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. [http://fresno.ulima.edu.pe/sf%5Csf_bdfde.nsf/imagenes/105977FBB1325E100525756D004EA62A/\\$file/09-26-chasquibol.pdf](http://fresno.ulima.edu.pe/sf%5Csf_bdfde.nsf/imagenes/105977FBB1325E100525756D004EA62A/$file/09-26-chasquibol.pdf) (accesado el 10 de Marzo, 2018).
- Devia, J. 2002. Proceso para producir pectinas cítricas. *Revista Universidad EAFIT*: 29 (Enero- Marzo):21-29.
- Devia, Jorge. 2012. Proceso para producir pectina cítrica. <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/215/21512902.pdf> (accesado el 12 de marzo, 2018).
- Durán, V., M. Honores y P. Cáceres. 2010. *Obtención de pectina en polvo a partir de la cáscara de maracuyá (Passiflora Edulis F. Flavicarpa Degener)*. [Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial]. Fac de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción: Escuela superior politécnica de litoral (ESPOL).
- Durán, V., y M. Honores. 2012. *Obtención y caracterización de pectina en polvo a partir de cáscara de maracuyá (Passiflora Edulis)*. [Tesis para optar el título de ingeniero alimentario]. Fac. de ingeniería en mecánica y ciencias de la producción: Escuela superior politécnica del litoral.
- Espinosa Diana, Pérez Walter, Hernández María, Melgarejo Luz, Miranda Diego, Fischer Gerhard, Fernández Pablo. 2015. Caracterización fisicoquímica, fisiológica y bioquímica del fruto de granadilla. *Inf. Universidad de Colombia*, 118: 110.
- Estrada, J., M. Sing y J. Villalobos. 2004. *Estudio del comportamiento reológico de la Pectina de bagazo de melocotón (Pfirsih)*. [Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial]. Fac de ingeniería agroindustrial: Universidad Nacional del Santa.

- FAO. 1978. The estate of Food and agriculture. <http://www.fao.org/docrep/017/ap658e/ap658e.pdf> (accesado el 12 de marzo, 2018).
- Galeas, L. 2015. *Diseño de un proceso para la obtención de pectina de la corteza del limón de la variedad Tahití (Citrus Latifolia Tan)*. [Tesis para optar el título de ingeniería química]. Fac. de ingeniería química y agroindustria: Escuela politécnica nacional.
- Gamboa, M. 2009. *Aprovechamiento de los residuos obtenidos del proceso de despulpado del mango (Mangifera indica L.) de las variedades Smith, Tommy Atkins y Bocado como materias primas para la obtención de pectinas*. [Título de Magister en Ingeniero Alimentario]. Fac de Ciencias agropecuarias: Universidad de Oriente.
- Gómez, B., M. Monroy, M. Palacios, M. Trejo, M. Valdez y E. Zavala. 2001. *Obtención de pectina a partir de cáscara de limón deshidratada*. [Informe Final de CBS]. Facultad de Ingeniería de los alimentos: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Guidi, A. y M. Arandia. 2010. *Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá mediante hidrólisis ácida*. [Tesis para optar el título de ingeniero de los Alimentos]. Fac de Ciencias Agrarias: Universidad Federal de Santa Catalina.
- INDECOPI. 2014. Pectinas. NTP.209.710. Lima – Perú: INDECOPI.
- León, D. y J. Riveros. 2014. *Extracción y Caracterización química de las pectinas de las cáscaras del Maracuyá Amarillo (Passiflora Edulis, Var Flavicarpa Degener), Granadilla (Passiflora Ligularis Juss) y Tumbo Serrano (Passiflora Mollísima*

- H.B.K. Bailey*). [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico]. Fac Ingeniería Química: Universidad Nacional del Callao.
- López, M. 2013. *Extracción de pectina de cocona (Solanum Sessiliflorum Dunal) por acidulantes y su caracterización fisicoquímica*. [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial]. Facultad de Ciencias Aplicadas: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Luján, J. 2008. *Estudio de perfectibilidad para la instalación de una planta de extracción de pectina a partir de la cáscara de naranja*. [Tesis para optar el título de ingeniero químico]. Fac. de ingeniería química y textil: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Malca, Oscar. 2001. Seminario de Agro negocios Granadilla, Extracto y fresco. <http://www.upbusiness.net>. (accesado el 05 de Marzo, 2018).
- Maldonado, Y. y S. Salazar. 2010. *Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis acida en frutos de maushan (Vasconcella Weberbaueri (Harms) V.M. Badillo) en dos índices de madurez provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazona*. [Tesis para optar el título de ingeniero agroindustrial]. Fac. de ingeniería agroindustrial: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Márquez, Betsy. 2014. Cenizas y grasas, teoría del muestreo, refrigeración y congelación de alimentos: terminología, definiciones y explicaciones. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/4188/IAmasibm024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (accesado el 18 de Noviembre, 2018).

- Mendoza, L., Jiménez y M. Ramírez. 2017. Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma Cacao* L.). Rev.U.D.C.A.Act. & Div.Cient, 20 (Enero - Junio):131 – 138.
- Molina, D. 2016. *Extracción de pectina de frutos amazónicos mediante un proceso asistido por microondas*. [Tesis para el título de magister en ciencia y tecnología de alimentos]. Fac. de ciencias agrarias; Universidad Nacional de Colombia.
- Nielsen S. 1998. Food Analysis Second Edition; Aspen Publication, Gaithersburg, Maryland.
- Nizama, K. 2015. *Obtención y caracterización de pectina a partir de cáscara de cacao (Theobroma cacao L.)*. [Tesis para el título de ingeniero agroindustrial e industrias alimentarias]. Fac. de ingeniería industrial: Universidad Nacional de Piura.
- Norma UNE 64019. 1971. Determinación de cenizas. UNE 64019. [http://www.colpos.mx/bancodenormas/UNE 64019.pdf](http://www.colpos.mx/bancodenormas/UNE_64019.pdf) (accesado el 20 de Marzo, 2018).
- NORMEX, NMX-F-289, 1977. Determinación de humedad y cenizas. NMX-F-289. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-289-1977.pdf> (accesado el 20 de Marzo, 2018).
- NORMEX, 1979. Determinación de Alcalinidad de cenizas. NMX-F-325-S. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-325-S-1979.pdf>. (accesado el 27 de Noviembre, 2018).
- NORMEX, NMX-FF-011. 1982. Determinación de acidez titulable. NMX-FF-011-1982. <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-FF-011-1982.pdf> (accesado el 20 de Marzo, 2018).

- Owens, V. 1952. *Métodos oficiales de Análisis de los alimentos*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pagán, J. 2000. Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón. *Revista FOOD – Engineering –Food*. AGROALIM: EngineeringFood.<http://197.14.51.10:81/pmb/AGROALIMENTAIRE/Engineering%20Properties%20of%20Foods.pdf> (accesado el 24 de noviembre, 2018).
- Porrás, L. 2005. *Diseño estadístico de experimentos, análisis de la varianza y temas relacionados: tratamiento informático mediante SPSS*. Granada: Proyecto Sur de Ediciones.
- Ramírez, J. 2006. Introducción a la Reología de los Alimentos. *Revista de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*. Universidad del Valle: 1-46.
- Rivera Bernardo, Diego Miranda, Luis Ávila y Ana Nieto. 2002. Manejo integral del cultivo de la granadilla (*Passiflora Ligularis* Juss). <http://www./Manejo%20integral%20del%20cultivo%20de%20la%20granadilla.pdf> (accesado el 02 de marzo, 2018).
- Vargas, R. y E. Gonzales. 2002. *Extracción de la pectina a partir de la cáscara de camu-camu (*Myrciaria Dubia* H.B.K. Mc. Vaugh)*. [Tesis para optar el título de ingeniero químico]. Fac. de ingeniería química y manufacturera: Universidad Nacional de ingeniería.
- Véliz, N. 1984. *Extracción de pectina del níspero y su caracterización (*Eriobotrya japónica*)*. [Tesis profesional para optar el título de ingeniero alimentario]. Facultad de Ciencias Agrarias: Universidad Nacional Agraria La Molina.

VIII. ANEXOS

8.1. Anexo 01. Informe de análisis físico-químicos del albedo de granadilla

	CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES “COLECBI” S.A.C. <small>REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE</small>
Pág. 1 de 1	
INFORME DE ENSAYO N°20170124-001	
SOLICITADO POR: DIRECCIÓN: PRODUCTO DECLARADO: CANTIDAD DE MUESTRA: PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: FECHA DE RECEPCIÓN: FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO: CONDICIÓN DE LA MUESTRA: ENSAYOS REALIZADOS EN: CODIGO COLECBI:	YESENIA KATHERINE CHERO SILUPU : Urb. Nicolás de Garatea N°4353 – Nuevo Chimbote : Abajo Indicado : 01 muestra x 600 g : Taper de Tecnopor : 2017-01-24 : 2017-01-24 : 2017-01-26 : En buen estado : Laboratorio Físico Químico : SS 170124-1
RESULTADOS	
ENSAYOS	MUESTRA ALBEDO DE GRANADILLA
Humedad (%)	86.93
Sólidos Totales	11.07
Cenizas (%)	1.97
Sólidos Solubles	14.00
Ácidos Titulable (%)	0.77
Proteínas (%) Factor 6.25	0.92
Carbohidratos (%)	6.03
METODOLOGÍA EMPLEADA Humedad: NMX-F-289-1977 Sólidos totales: Métodos de la estufa: Secado a 103°C x 1h Cenizas: UNE 64019 1971 Sólidos solubles: Brix Método usando el refractómetro Acidez titulable: NMX-FF-011-1982 Proteínas: A.O.A.C 1990 Carbohidratos: A.O.A.C 1990	
NOTA: <ul style="list-style-type: none">• Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.• Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.• Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.	
Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Enero 27 del 2017. GVR/jms	
 A. Gustavo Ramos Gerente de Laboratorios C.B.C. COLECBI S.A.C.	
LC/MP/HRE Rev 04 Fecha 2015-11-30	
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.	
Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752 Nextel: 839*2893 - RPM # 002995 - Apartado 127 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe Web: www.colecbi.com	

8.2. Anexo 02. Imágenes del proceso de acondicionado del albedo de granadilla



Imagen 01: Recepción de la cáscara de granadilla



Imagen 02: Selección



Imagen 03: Descascarado



Imagen 04: Cortado del albedo de granadilla



Imagen 05: Lavado



Imagen 06: Escaldado del albedo de granadilla





Imagen 07: Triturado del albedo de granadilla



Imagen 08: Lavado y prensado del albedo de granadilla



Imagen 09: Secado del albedo de granadilla

8.3. Anexo 03. Informe del análisis de la humedad del albedo seco de granadilla



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N°20170203-001

<p>SOLICITADO POR DIRECCIÓN PRODUCTO DECLARADO CANTIDAD DE MUESTRA PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA FECHA DE RECEPCIÓN FECHA DE INICIO DEL ENSAYO FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO CONDICIÓN DE LA MUESTRA ENSAYOS REALIZADOS EN CÓDIGO COLECBI</p>	<p>YESENIA KATHERINE CHERO SILUPU Urb. Nicolás de Garatea N°4353 – Nuevo Chimbote Abajo Indicado: 01 muestra x 100 g Taper de Tecnopor 2017-02-03 2017-02-03 2017-02-09 En buen estado Laboratorio Físico Químico SS 170203-1</p>
--	---

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	ALBEDO SECO DE GRANADILLA
Humedad (%)	3.07

METODOLOGÍA EMPLEADA

Humedad: NMX-F-289-1977

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Febrero 09 del 2017.
 GVR/jms



A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.I.P. S.A.
 COLECBI S.A.C.

LEAP-4888
 Rev. 04
 Fecha 2015-11-06

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente-colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

8.4. Anexo 04. Imágenes de las pruebas preliminares de la extracción de la pectina



Imagen 01: Hidrólisis del albedo acondicionado con y sin epicarpio

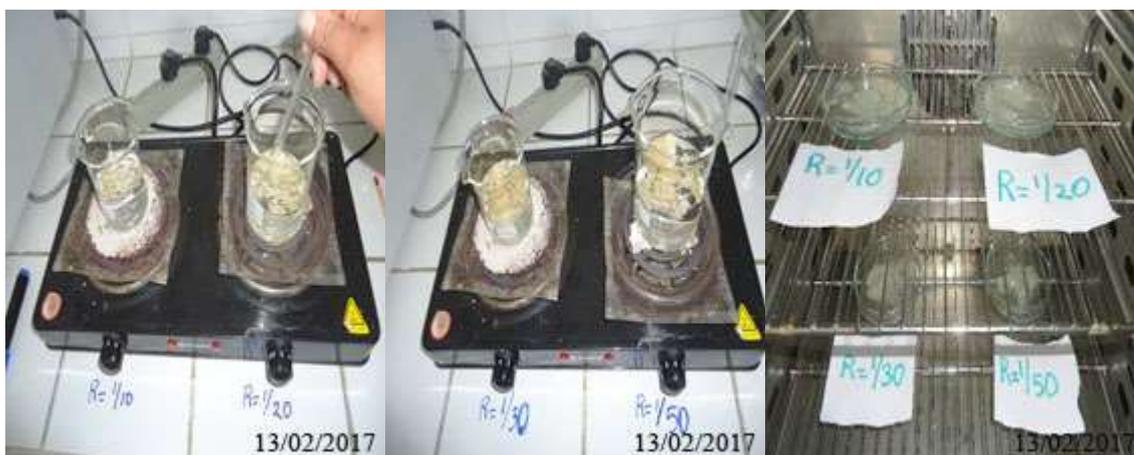


Imagen 02: Hidrólisis con diferentes relaciones cáscara-agua acidulada



Imagen 03: Hidrólisis agregando el albedo en frío y caliente



Imagen 04: Precipitación de la pectina usando diferentes porcentajes de alcohol acidulado



Imagen 05: Secado de la pectina a diferentes temperaturas

8.5. Anexo 05. Imágenes para la extracción de la pectina de granadilla



Imagen 01: Pesado del albedo de granadilla



Imagen 02: Extracción de la pectina



Imagen 03: Filtrado de la solución péctica



Imagen 04: Precipitado de la solución péctica



Imagen 05: Filtrado de la solución sobrenadante



Imagen 06: Lavado

Imagen 07: Secado de la pectina de granadilla



Imagen 08: Molienda

Imagen 09: Envasado de la pectina de granadilla

8.6. Anexo 06. Valores obtenidos de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*) por extracción

Etapas	Datos	Extracción				
		1° Extracción	2° Extracción	3° Extracción	4° Extracción	5° Extracción
Hidrólisis	Peso inicial (g)	150.0	180.2	201.3	201.3	201.3
	Agua acidulada (ml)	6000.0	7280.0	10065.0	10065.0	10065.0
Filtrado	Peso de bagazo (g)	637.10	765.36	854.98	855.00	853.63
	Solución péctica (ml)	2593.85	3116.10	3480.95	3481.90	3478.55
Precipitación	Alcohol 96° (ml)	2075.08	2492.88	2784.76	2785.52	2782.84
Filtrado	Peso de gel (g)	429.00	515.37	575.72	576.20	574.50
	Alcohol filtrado (ml)	4221.84	5071.84	5665.71	5667.42	5661.39
Lavado I	Alcohol inicial (ml)	236.07	283.60	316.80	317.30	315.90
	Peso de gel (g)	236.00	283.51	316.71	317.00	315.80
	Alcohol final (ml)	237.42	285.22	318.62	319.41	313.00
Lavado II	Alcohol inicial (ml)	233.38	280.37	313.20	314.89	312.90
	Peso de gel (g)	233.36	280.35	313.18	314.10	312.80
	Alcohol final (ml)	235.71	283.17	316.33	317.20	315.50
Secado	Temperatura de secado (°C)	40	40	40	40	40
	Tiempo de secado (h)	12	12	12	12	12
	Peso de pectina (g)	9.36	11.21	12.53	12.56	12.51
Molienda	Peso de pectina molida (g)	9.32	11.18	12.52	12.55	12.50
Rendimiento	Pectina/cáscara (%)	6.21	6.20	6.22	6.23	6.21

Fuente: Elaboración propia

8.7. Anexo 07. Informe del análisis físico-químicos de la pectina de granadilla y pectina comercial



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES
“COLECBI” S.A.C.
REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N°20170320-001

SOLICITADO POR	YESENIA KATHERINE CHERO SILUPU
DIRECCIÓN	Urb. Nicolás de Garatea N°4353 – Nuevo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO	Asajo Indicado
CANTIDAD DE MUESTRA	01 muestra x 6 g
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	Bolsas de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	2017-03-20
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2017-03-20
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2017-03-22
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	SS 170320-1

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	PECTINA DEL ALBEDO DE GRANADILLA
Humedad (%)	9.15
Cenizas (%)	1.74
Alcalinidad de Cenizas (%)	1.64

METODOLOGÍA EMPLEADA
 Humedad: NMX-F-289-1977
 Cenizas: UNE 64019 1971
 Alcalinidad de Cenizas: NMX-F-325-S-1979

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 23 del 2017.
 GVR/jms



A. Gustavo Ramos
 Gerente de Laboratorios
 COLECBI S.A.C.

LC-MP-NRBE
 Rev. 04
 Fecha: 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
 SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - 1 Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe/ medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

Pág. 1 de 1

INFORME DE ENSAYO N°20170320-002

SOLICITADO POR	YESENIA KATHERINE CHERO SILUPU
DIRECCIÓN	Urb. Nicolás de Garza N°4353 - Nuevo Chimbote
PRODUCTO DECLARADO	Abajo Indicado
CANTIDAD DE MUESTRA	01 muestra x 8 g
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA	Bolsas de polietileno
FECHA DE RECEPCIÓN	2017-03-20
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO	2017-03-20
FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO	2017-03-22
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	En buen estado
ENSAYOS REALIZADOS EN	Laboratorio Físico Químico
CÓDIGO COLECBI	SS 170320-2

RESULTADOS

ENSAYOS	MUESTRA
	PECTINA CITRICA COMERCIAL
Humedad (%)	9,26
Cenizas (%)	1,79
Alcalinidad de Cenizas (%)	1,74

METODOLOGÍA EMPLEADA

Humedad: NMX-F-269-1977

Cenizas: UNE 54019 1971

Alcalinidad de Cenizas: NMX-F-325-S-1979

NOTA:

- Muestra recepcionada en Laboratorios COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Marzo 23 del 2017.

GVR/jms


 A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorios
 C.B.P. 378
 COLECBI S.A.C.

LC-01-0118
 Rev. 04
 Fecha: 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752
 Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com

8.8. Anexo 08. Ficha técnica de la pectina comercial



José Manuel Pereyra 598 Urb. Panamericana Norte Los Olivos
Fijo 3866535 Móvil 988452606-988452598

FICHA TECNICA PECTIN 150

Hidrocoloide a base de Gomas y agentes gelificantes

ESTADO LEGAL

La pureza de los componentes se ajusta a las directivas de la CEE, FAO/WHO y FDA de los EE.UU.

CARACTERÍSTICAS

Apariencia : Blanco cremoso,
Polvo fino.

Olor : neutro
Organoléptico

Sabor : neutro
Organoléptico

Humedad : máx. 10%
A 105°C hasta un peso constante
MQM 6.1

pH : 5 – 8
1.5% w/w at 60°C
MQM 1.1

Granulometría : Pasante 100 mesh 85% min
Prueba estándar de Tamiz.

Viscosidad : **Mínima 2500 (CPS)**

Metales pesados

Arsénico : 1 ppm máx.
Plomo : 1 ppm máx.

Recuentos de Aerobios mesófilos: 5,000 ufc/g máx.



José Manuel Pereyra 598 Urb. Panamericana Norte Los
Olivos
Fijo 3866535 Móvil 988452606-988452598

Mohos	: 400 ufc/g máx.
Levaduras	: 200 ufc/g máx.
Salmonella	: Ausencia en 25 g
Escherichia coli	: Negativo en 5 g.

*PECTIN 150 actúa como estabilizante utilizado
En gomas y mermeladas.*

USOS : confituras, mermeladas ,postres, helados,salsas mayonesas y productos horneados.
Incorporar PECTIN 150 de preferencia Hidratando

DOSIS: Mínimo 0.26 %

PRESENTACION

Bolsas platicas de 1kg

Bolsas de papel con revestimiento de polietileno de 25 Kg.

CADUCIDAD Y ALMACENAMIENTO

2 años en ambientes frescos y secos y con envase original.

8.9. Anexo 09. Imágenes de los análisis físico-químicos de la pectina de granadilla y pectina comercial



Imagen 01a. Peso equivalente de la pectina de granadilla



Imagen 02a. Contenido de metoxilo de la pectina de granadilla



Imagen 03a. Grado y tiempo de gelificación de la pectina de granadilla



Imagen 01b. Peso equivalente de la pectina comercial



Imagen 02b. Contenido de metoxilo de la pectina comercial



Imagen 03b. Grado y tiempo de gelificación de la pectina comercial

8.10. Anexo 10. Imágenes para la viscosidad de la pectina de granadilla y pectina comercial



Imagen 01a. Viscosidad de la pectina de granadilla al 0.3%



Imagen 02a. Viscosidad de la pectina de granadilla al 0.85%



Imagen 03a. Viscosidad de la pectina de granadilla al 1.80%



Imagen 01b. Viscosidad de la pectina comercial al 0.3%

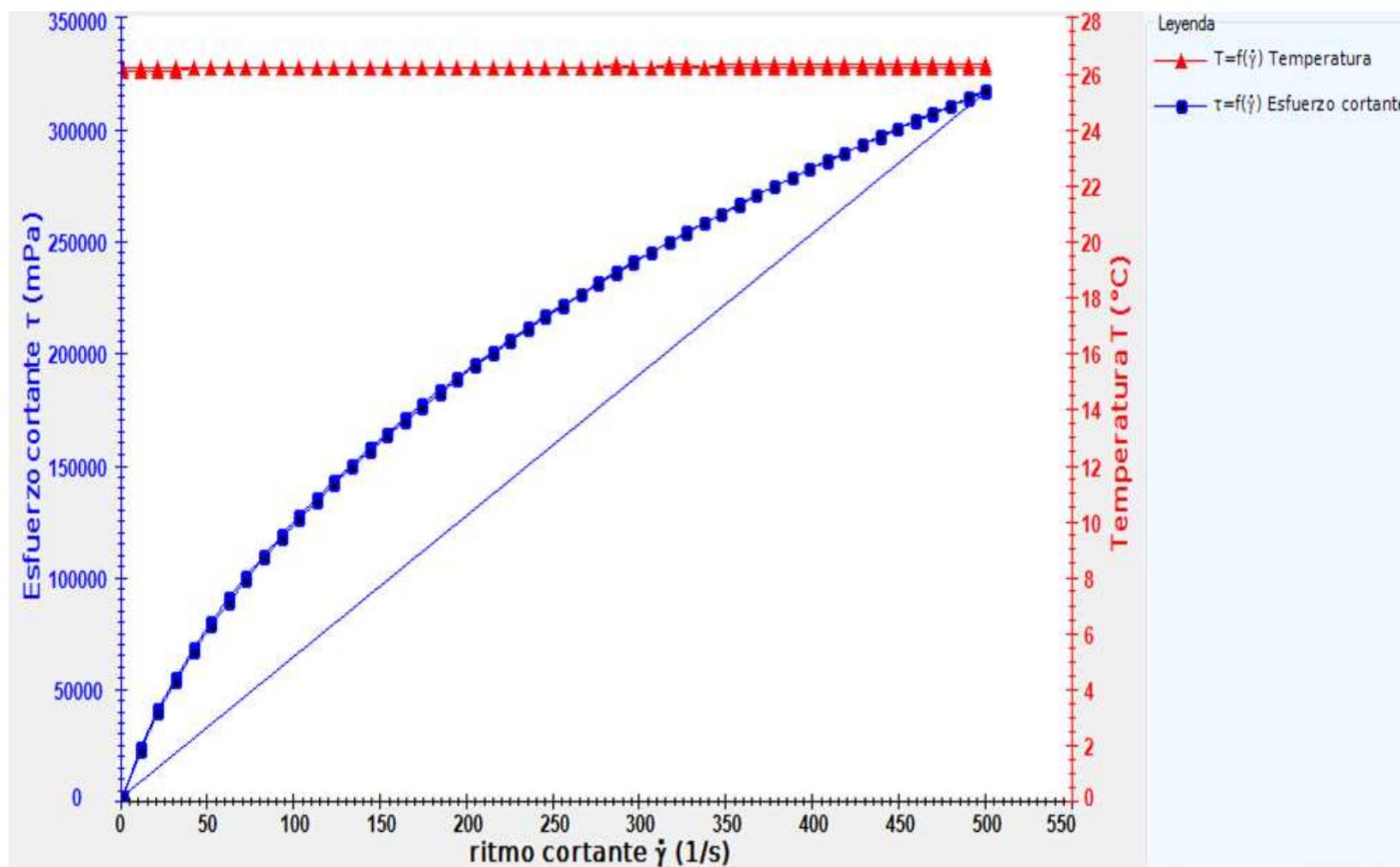


Imagen 02b. Viscosidad de la pectina comercial al 0.85%



Imagen 03b. Viscosidad de la pectina comercial al 1.80%

8.11. Anexo 11. Imagen de la curva de fluidez del esfuerzo cortante versus ritmo cortante del mejor tratamiento de la viscosidad de la pectina de granadilla (*Passiflora Ligularis Juss*)



3. EXPERIENCIA LABORAL

Entidad: FONCODES
Cargo: Promotor social de las localidades de Vista Alegre de Illauro y Estrella Romeral-Antonio Raymondi
Período: 08 al 22 de enero del 2018

Entidad: FONCODES
Cargo: Promotor social de la localidad de Chacuabamba-Pomabamba
Período: 14 al 28 de noviembre del 2017

Entidad: COQSAC
Cargo: Asistente en proyectos sociales
Período: 25 de noviembre del 2016 al 31 de julio del 2017

Entidad: Delicias y Sabores del Perú E.I.R.L.
Cargo: Supervisor de producción y calidad
Período: 28 de mayo del 2015 al 25 de setiembre del 2016

Entidad: Agrícola y Ganadera Chavín de Huantar S.A.
Cargo: Inspector de aseguramiento de la calidad
Período: 12 de diciembre del 2014 al 15 de mayo del 2015

Entidad: Sub región de producción de Huaraz-Ancash
Cargo: Técnico de aseguramiento de la calidad
Período: 12 de agosto al 16 de noviembre del 2014

Entidad: Consorcio Industrias de Alimentos Santana S.A.C.-Grupo Jiménez S.A.C.-
Cargo: Técnico de aseguramiento de la calidad
Período: 01 de mayo al 25 de julio 2014

Entidad: Instituto de investigación agroindustrial IIASAM-Tingua-UNASAM
Cargo: Practicante
Período: 21 de setiembre del 2012 al 24 de mayo del 2013