



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL (Opuntia Ficus Indica) POR MEDIO ÁCIDO APLICANDO DOS NIVELES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ESTADOS DE MADUREZ”

Tesis previa a la obtención del título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL.

**AUTORES: Aza Espinosa Marcela Elizabeth
Méndez Arellano Mario Antonio**

DIRECTOR: Dra. Lucía Toromoreno

**Ibarra – Ecuador
2010- 2011**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*) POR MEDIO ÁCIDO APLICANDO DOS NIVELES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ESTADOS DE MADUREZ”

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como
requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADA:

Dra. Lucía Toromoreno
DIRECTOR DE TESIS

FIRMA

Ing. Jheny Quiroz
ASESOR

FIRMA

Ing. Marcelo Vacas
ASESOR

FIRMA

Ing. Reney Cadena
ASESOR

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100286610-9	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Méndez Arellano Mario Antonio	
DIRECCIÓN	Otavalo calle Guayaquil y Mejía	
EMAIL:	maranty1983@yahoo.es	
TELÉFONO FIJO:	2923074	TELÉFONO MÓVIL: 089448740

DATOS DE CONTACTO 2		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100286117-5	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Aza Espinosa Marcela Elizabeth	
DIRECCIÓN	Barrio Azaya calle San Salvador	
EMAIL:		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL: 099533547

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL (<i>Opuntia ficus indica</i>) POR MEDIO ÁCIDO APLICANDO DOS NIVELES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ESTADOS DE MADUREZ”
AUTORES:	Marcela Aza y Mario Méndez
FECHA:	15 de junio del 2011
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
DIRECTOR:	Dra. Lucía Toromoreno

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Nosotros, MARCELA ELIZABETH AZA ESPINOSA, con cédula de ciudadanía Nro. 100286117-5 y MARIO ANTONIO MÉNDEZ ARELLANO con cédula de ciudadanía Nro.100286610-9 en calidad de autores y titulares de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hacemos entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizamos a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 143.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 21 de junio del 2011.

LOS AUTORES:

ACEPTACIÓN:

Marcela Elizabeth Aza Espinosa
100286117-5

Mario Antonio Méndez Arellano
100286610-9

Esp. Ximena Vallejo

JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, MARCELA ELIZABETH AZA ESPINOSA, con cédula de ciudadanía Nro.100286117-5 y MARIO ANTONIO MÉNDEZ ARELLANO con cédula de ciudadanía Nro.100286610-9; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de grado denominada “EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL (*Opuntia ficus indica*) POR MEDIO ÁCIDO APLICANDO DOS NIVELES DE TEMPERATURA, TIEMPO Y ESTADOS DE MADUREZ” , que ha sido desarrolla para optar por el título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte

Marcela Elizabeth Aza Espinosa
100286117-5

Mario Antonio Méndez Arellano
100286610-9

Ibarra, 21 de junio del 2011

Agradecimiento:

A la Universidad Técnica del Norte, lugar donde se ha formado nuestro pensamiento crítico e intelectual.

A la Dra. Lucia Toromoreno, Director de Tesis, por su apoyo y asesoría de la presente investigación; y, por guiarnos para la culminación exitosa de nuestra profesión.

Al Ingeniero Marcelo Vacas, Ingeniera Jheny Quiroz, Ingeniero Reney Cadena; quienes contribuyeron con su asesoría en la realización de esta investigación.

Al Ingeniero Marco Cahueñas, por su valioso aporte en la revisión estadística. Al “CIFANE” (Centro de Investigaciones Familia Negra), de manera especial, al Sr. Iven Santos, por facilitarnos la materia prima, por su contribución desinteresada en el desarrollo experimental de la investigación. Y, a todos los catedráticos, compañeros y amigos que de una u otra manera contribuyeron a la realización de la presente investigación.

**Marcela Aza
Mario Méndez**

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi madre, a Dios que me brindaron las fuerzas para salir adelante, que me supieron guiar por un camino con muchos obstáculos no solo en el estudio sino en lo personal pero que gracias a ellos los pude superar.

Le doy gracias a mi padre que me brindo mis estudios sin él no habría llegado a ser un profesional y me enseñó la sencillez, el valor del trabajo y a nunca rendirme a pesar de las adversidades.

A mi novia que a pesar de que no estuvo conmigo desde el inicio en estos últimos tiempos se ha convertido en una persona muy importante en mi vida.

Agradezco a todos mis amigos, compañeros que han estado junto a mí en los malos y buenos momentos y que forman parte de toda mi vida estudiantil.

Agradezco mis hermanas y todas aquellas personas que de alguna forma me ayudaron a llegar alcanzar mi meta a todos ellos los recuerdo con gran cariño y les deseo la mejor de la suerte...

MARJO MÉNDEZ

DEDICATORIA

A Dios y a nuestra Santísima Virgen María por el sublime compromiso de la realización plena de nuestro ser, les doy las gracias de todo corazón.

A mis hijos: Ismael y Carolina por darme felicidad, paciencia, fuerza, valor y darle un sentido a mi vida para seguir adelante con muchas ganas.

A mi madre María por ser la persona más sensible y dulce que conozco, que me dio la motivación y la fuerza para seguir adelante.

A mi padre Marcelo; a mis hermanos Miguel, Sebastián, Diana, Rubí, Gabriela, Sara, María José, Daniel y Natalia juntos compartimos sueños y anhelos, esta tesis es el reflejo de su invalorable presencia.

Marcela Aza

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDOS	Pág.
PORTADA.....	i
APROBACIONES.....	ii
IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	iii
AUTORIZACIÓN DE USO	iv
DERECHOS DE AUTOR.....	iiiv
PRESENTACIÓN.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2	
OBJETIVOS.....	3
1.2.1 General.....	3
1.2.2 Específicos.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	4

CAPÍTULO II

MARCO

TEÓRICO.....	5
2.1 Nopal.....	5
2.1.1 Definición.....	5
2.1.2 Origen.....	6
2.1.3 Características generales de las especies.....	6
2.1.4 Estructura externa de la planta.....	7
• Sistema Radical.....	7
• Tallo.....	7
• Hojas.....	8

• Flores.....	8
• Fruto.....	8
2.1.5 Valor nutricional.....	9
2.1.6 Análisis del sector productor del Nopal.....	10
2.1.7 Comercialización.....	11
2.1.8 Mercado.....	11
2.1.9 Propiedades funcionales de Cladodios.....	12
2.1.10 Usos del Nopal.....	13
• Tuna.....	13
• Alimentos.....	13
• Alimentación Animal.....	13
• Hospedero para la producción de cochinilla.....	13
• Conservador del suelo.....	14
• Propiedades Medicinales.....	14
• Cosméticos.....	15
2.1.11 Aprovechamiento de la pectina de Nopal.....	15
2.2 Pectina.....	16
2.2.1 Definición.....	16
2.2.2 Origen.....	16
2.2.3 Localización y estructura de las pectinas.....	16
2.2.4 Características químicas.....	18
• Grado de Esterificación.....	18
• Grado de Metoxilación.....	19
• Enlace de Calcio.....	19
2.2.5 Características físicas.....	19
• Materia Prima.....	19
• Temperatura.....	20
• Peso Molecular.....	20
• PH.....	20
• Precipitación.....	21
• Solubilidad.....	21

• Degradación.....	21
2.2.6 Tipos de Pectina.....	22
• Pectina de Gelificación rápida.....	22
• Pectina de Gelificación lenta.....	23
• Pectina de Gelificación media.....	23
• Pectina de bajo Metoxilo.....	23
2.2.7 Usos y Aplicaciones.....	24
2.2.8 Productos sustituyentes.....	24
2.3 Métodos de Extracción de Pectina.....	25
2.3.1 Hidrólisis Acida.....	25
2.3.2 Acción de enzimas.....	26
2.3.3 Medio Alcalino.....	26
2.4 Características Fisiológicas.....	27

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
3.1 Materiales y equipos.....	28
3.1.1 Materiales.....	28
3.1.2 Equipos.....	28
3.1.3 Insumos.....	29
3.1.4 Materia prima.....	29
3.2 Métodos.....	29
3.2.1 Localización del Experimento.....	29
3.2.2 Caracterización del área de estudio.....	30
3.3 Factores de estudio.....	30
3.3.1 Tratamientos.....	31
3.3.2 Diseño experimental.....	31
3.3.3 Características del experimento.....	31
3.3.4 Tamaño de unidad experimental.....	32

3.3.5	Análisis estadístico.....	32
3.3.6	Análisis funcional.....	32
3.3.7	VARIABLES A EVALUARSE EN EL PROCESO	33
3.4	Manejo específico del experimento.....	33
3.4.1	Rendimiento en Peso.....	33
3.4.2	Grado de Esterificación.....	34
3.4.3	Determinación de sólidos solubles.....	35
3.4.4	Acidez Libre.....	35
3.4.5	Viscosidad.....	36
3.4.6	Determinación de las variables cualitativas.....	37
3.4.7	Identificación de la pectina obtenida.....	37
	• Humedad.....	37
	• Porcentaje de Ceniza.....	37
	• Fibra Total.....	37
	• Potasio.....	37
3.5	Diagrama de Flujo de Extracción de Pectina de Nopal.....	38
3.6	Descripción de los Procesos de Industrialización del Producto.....	40
3.6.1	Materia Prima.....	40
3.6.2	Recepción.....	40
3.6.3	Selección.....	41
3.6.4	Desespinado.....	41
3.6.5	Lavado.....	42
3.6.6	Desinfectado.....	42
3.6.7	Escurredo.....	42
3.6.8	Cortado.....	43
3.6.9	Pesado 1.....	43
3.6.10	Triturado.....	44
3.6.11	Extracción.....	44
3.6.12	Colado.....	45
3.6.13	Concentración.....	45
3.6.14	Precipitación.....	46

3.6.15 Filtración.....	46
3.6.16 Secado.....	47
3.6.17 Molienda.....	47
3.6.18 Pesado 2.....	48
3.6.19 Envasado	48

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	49
4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	49
4.1.1 Análisis del Rendimiento.....	49
4.1.2 Análisis del Grado de Esterificación.....	56
4.1.3 Análisis de Sólidos Solubles.....	61
4.1.4 Análisis de la Acidez Libre.....	64
4.1.5 Análisis de la Viscosidad.....	66
4.2.1 Análisis del Producto Terminado.....	71

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1 CONCLUSIONES.....	73
5.2 RECOMENDACIONES.....	76

CAPÍTULO VI

6 RESUMEN Y SUMMARY.....	77
6.1 RESUMEN.....	76
6.2 SUMMARY.....	78

CAPÍTULO VII

7 BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....	80
7.1 BIBLIOGRAFÍA	
7.3 ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la <i>Opuntia ficus indica</i>	7
Cuadro 2. Composición química del Nopal.....	9
Cuadro 3. Valor nutricional.....	10
Cuadro 4. Contenido de pectina en algunas materias primas.....	17
Cuadro 5. Tipos de pectina.....	23
Cuadro 6. Factores de estudio.....	30
Cuadro 7. Combinación de factores.....	30
Cuadro 8. Características del experimento.....	31
Cuadro 9. Análisis estadístico.....	31
Cuadro 10. Valores obtenidos del rendimiento (%) al finalizar el proceso de extracción de pectina después de molienda.....	50
Cuadro 11. ADEVA de la variable de rendimiento.....	50
Cuadro 12. Prueba de TUKEY al 5 % para variables de rendimiento al final del proceso de extracción después de la molienda.....	51
Cuadro 13. Prueba de DMS para el factor A (Estado de madurez).....	51
Cuadro 14. Pruebas de significación de DMS para el factor B (temperatura de extracción).....	52
Cuadro 15. Pruebas de significación de DMS para el factor C (tiempo de extracción).....	52
Cuadro 16. Valores obtenidos del grado de Esterificación (%) al finalizar el proceso de extracción después de la molienda.....	57
Cuadro 17. ADEVA del Grado de Esterificación.....	57
Cuadro 18. Pruebas TUKEY al 5 % para tratamientos de la variable grado de esterificación.....	58

Cuadro 19. Pruebas de DMS para factor C (tiempo de extracción).....	59
Cuadro 20. Valores obtenidos de los sólidos solubles (° Brix) al finalizar el proceso de extracción de pectina.....	61
Cuadro 21. ADEVA de los Sólidos Solubles (Brix).....	61
Cuadro 22. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de Sólidos Solubles.....	62
Cuadro 23. Prueba de DMS para el factor A (Estado de madurez).....	63
Cuadro 24. Prueba de DMS para el factor B (Temperatura de extracción).....	63
Cuadro 25. Valores obtenidos de la Acidez titulable (mg/100ml) al finalizar el proceso de extracción de pectina.....	65
Cuadro 26. ADEVA de la Acidez Titulable (g).....	65
Cuadro 27. Prueba de DMS para el factor A (Estado de madurez).....	66
Cuadro 28. Valores obtenidos de la viscosidad (poises) antes del proceso de concentración.....	67
Cuadro 29. ADEVA de variable de la Viscosidad.....	67
Cuadro 30. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de Viscosidad.....	68
Cuadro 31. Prueba de DMS para el factor A (Estado de madurez).....	69
Cuadro 32. Prueba de DMS para el factor C (Tiempo de extracción).....	69
Cuadro 33. Prueba de Significación de las variables cualitativas.....	73
Cuadro 34 Hoja para la evaluación sensorial para la pectina en polvo.....	86
Cuadro 35. Rangos para el color de la pectina de nopal.....	87
Cuadro 36. Rangos para el olor de la pectina de nopal.....	88
Cuadro 37 . Rangos para la textura de la pectina de nopal.....	89

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Opuntia ficus indica.....	5
Fotografía 2: Balanza.....	33
Fotografía 3: Determinación de grado de Esterificación.....	34
Fotografía 4: Brixómetro.....	34
Fotografía 5: Determinación de acidez titulable.....	35
Fotografía 6: Viscosímetro.....	35
Fotografía 7: Materia Prima (Nopal).....	39

Fotografía 8: Recepción.....	39
Fotografía 9: Selección.....	40
Fotografía 10: Desespinado.....	40
Fotografía 11: Lavado.....	41
Fotografía 12: Desinfectado.....	41
Fotografía 13: Cloro.....	41
Fotografía 14: Escurrido.....	42
Fotografía 15: Cortado.....	42
Fotografía 16: Pesado.....	43
Fotografía 17: Licuado.....	43
Fotografía 18: Proceso de Hidrólisis.....	44
Fotografía 19: Colado.....	44
Fotografía 20: Concentración.....	45
Fotografía 21: Precipitación con etanol.....	45
Fotografía 22: Filtrado.....	46
Fotografía 23: Proceso de secado.....	46
Fotografía 24: Fin del secado.....	46
Fotografía 25: Molienda.....	47
Fotografía 26: Producto final.....	47
Fotografía 27: Pesado.....	47
Fotografía 28: Envasado.....	48

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1: Estructura química de la pectina.....	17
Gráfica 2: Efecto de las interacciones del rendimiento.....	53
Gráfica 3: Efecto de las interacciones del rendimiento entre estado de madurez – Tiempo de extracción.....	54
Gráfica 4: Efecto de las interacción del rendimiento entre temperatura – tiempo de extracción.....	55
Gráfica 5: Comportamiento de la medias para el rendimiento al final del proceso de extracción.....	56
Gráfica 6: Efecto de las interacción del grado de esterificación entre temperatura	

de extracción – tiempo de extracción.....	59
Gráfica 7: Comportamiento de las medias del grado de esterificación.....	60
Gráfica 8: Comportamiento de las medias de sólidos solubles.....	63
Gráfica 9: Efecto de la interacción de la viscosidad entre estado de madurez – temperatura de extracción.....	69
Gráfica 10: Efecto de las interacciones de la viscosidad entre estado de madurez – tiempo de extracción.....	70
Gráfica 11: Comportamiento de medias para la viscosidad.....	71
Gráfica 12: Curvas para las variables no para métricas Olor, Color, Textura.....	72
Gráfica 13: Promedio de color para pectina obtenida.....	87
Gráfica 14: Promedio de olor para la pectina obtenida.....	88
Gráfica 15: Promedio de textura para la pectina obtenida.....	89

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Características principales de la pectina de Nopal.....	85
Anexo 2. Rangos del color, olor y textura de la pectina de nopal.....	87
Anexo 3. Cuadro de identificación de la pectina de nopal.....	90
Anexo 4. Resultados de análisis físico-químicos.....	91
Anexo 5. Normas CODEX.....	93
Anexo 6. Glosario.....	100

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El nopal es una planta que sobrevive a climas secos y desérticos se desarrolla en suelos calcáreos, es endémica de América del cual se conoce 258 especies 100 de ellos se encuentran en México y se informa que existe más de 10000 ha de plantaciones especializadas en la producción de nopal para el consumo humano.

En países como México el nopal es una de las materias primas más importantes para la elaboración de productos alimentarios y no alimentarios como son: conservas, cochinilla de nopal y para fines medicinales, entre otros. En algunos países el nopalito se prefiere consumir fresco en vez de procesado.

En la provincia de Imbabura sectores como valle del Chota, Chalguayacu entre otros se ha intensificado el cultivo del nopal para la producción de tuna la que sirve como fuente de ingresos para muchos agricultores; sin embargo se desconoce otras alternativas que ofrece el nopal por sus grandes características físico- químicas y reo lógicas.

Los productores de la comunidad de Juncal, perteneciente a la parroquia de Pimampiro, Chalguayacu han tecnificado sus formas de cultivos y desean aprovechar de mejor manera la materia prima que comúnmente se desecha.

Mediante esta investigación podemos dar una nueva alternativa de producción que fomente el progreso de las comunidades.

La pectina es un heteropolisacárido que se encuentra en frutos frescos, se lo extrae de desechos cítricos pero también se lo puede obtener de materia primas como hojas de nopal, bagazo de caña, cáscara de plátano, etc. La característica principal es su poder gelificante, es utilizado en la elaboración de mermeladas, jaleas y fines medicinales es un aditivo importante para la calidad del producto final.

Las hojas de nopal excretan un mucilago con capacidad de gelificación que ha sido descrito como pectina, para su extracción por medio ácido se determinó los parámetros de temperatura, tiempo de extracción y estado de madurez con el fin de obtener un buen rendimiento y una buena calidad.

El campo Agroindustrial no sólo se enfoca en la parte del proceso de transformación; también es su compromiso investigar nuevas formas de aprovechamiento de los recursos existentes para desarrollar un manejo integral adecuado, que incentive y ayude al productor agrícola a ofertar productos que luego garanticen: seguridad y salud al consumidor, fomentando y desarrollando investigación.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

- Extraer la pectina del Nopal (*Opuntia ficus indica*) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempo y estados de madurez.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el mejor tratamiento para la extracción de pectina por medio ácido (ácido clorhídrico 0,2 N) a temperaturas de 80 y 90 °C a un tiempo de 30 y 60min, en los dos estados de madurez tierno y maduro.
- Evaluar las propiedades físico- químicas y organolépticas de la pectina obtenida para todos los tratamientos.
- Caracterizar a la materia prima y al producto final mediante análisis químico para los dos estados de madurez y el mejor tratamiento.
- Identificar a la pectina obtenida mediante pruebas físicas de: precipitación y solubilidad en alcohol, gelificación y solubilidad en agua caliente.

1.3 HIPÓTESIS

Hi: La temperatura de la solución nopal-ácido, el tiempo de extracción y estado de madurez influyen en el rendimiento y la calidad de la pectina.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 NOPAL (*Opuntia ficus indica*)



Fotografía 1: *Opuntia ficus indica*

2.1.1 Definición.- Es una planta extremadamente tolerante a las altas temperaturas y a la falta de lluvia. El género *Opuntia* se adapta fácilmente a las zonas áridas caracterizadas por condiciones secas, lluvias erráticas y tierras pobres sujetas a erosión, gracias a que se han desarrollado adaptaciones fenológicas, fisiológicas y estructurales con el fin de mantener su desarrollo en este ambiente adverso.

<http://nopalitoslajoya.com/page9.html> (07- 04- 2010)

Los nopales habitan en las zonas desérticas de EE.UU., México y América del Sur, en Perú y Bolivia. En el Perú se encuentra en la región Andina, donde se desarrolla en forma espontánea y abundante. También se encuentra en la costa, en forma natural y bajo cultivo. Se desarrolla bien con temperaturas entre 12 a 34°C, con un rango óptimo de 11 a 23°C y con una precipitación promedio entre 400 a 800 mm” (Scheinvar, 1999, pp. 4-5).

Se desarrolla en suelos sueltos, arenosos calcáreos en tierras marginales y poco fértiles, superficiales, pedregosos, caracterizándole una amplia tolerancia edáfica; sin embargo, los suelos altamente arcillosos y húmedos no son convenientes para su cultivo. Crece desde el nivel del mar hasta los 3.000 m.s.n.m. Su mejor desarrollo lo alcanza entre los 1.700 a 2.500 m.s.n.m
[http://www.prodiversitas.bioetica.org/tuna.htm\(10-04-2010\)](http://www.prodiversitas.bioetica.org/tuna.htm(10-04-2010))

2.1.2 Origen

Granados, D y Castañeda, A. (1996) mencionan: “Los nopales están íntimamente relacionados con las antiguas civilizaciones mesoamericanas, en modo particular a la historia de México, su centro de origen genético; por ejemplo, en el escudo de México figura un águila posada sobre un nopal, un símbolo que ha llegado hasta nuestros días del jeroglífico de la Gran Tenochtitlán y significa sitio del nopal que crece sobre la piedra” (p. 2).

2.1.3 Características generales de las especies

La taxonomía de los nopales es muy compleja por varias razones ya citadas. Sólo un intenso trabajo de campo puede permitir reconocer e identificar las especies, sus variedades y adaptaciones reflejadas en su fenotipo. “Se conocen casi 300 especies del género *Opuntia*, propias del lugares cálidos y semidesérticos (Bobich 2002 p.4).

Entre ellas se encuentran, como especies cultivadas para producción de fruta: *Opuntia ficus indica*, *O. amyclaea*, *O. xoconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*. Como especies silvestres: *Opuntia hytiacantha*, *O. leucotricha* y *O. robusta*. De las especies citadas, la más ampliamente cultivada en distintas partes del mundo es *Opuntia ficus-indica*; es más, en la cuenca del Mediterráneo es la única *Opuntia* que se cultiva y se emplea con diferentes propósitos (Scheinvar, L. 1999, pp. 21-28).

Las características de estas especies son variables, diferenciándose en la forma de los cladodios, en la presencia o ausencia de espinas, en el tamaño y color de los frutos y en otras características botánicas.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la *Opuntia ficus indica*.

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Caryophyllidae
Orden:	Caryophyllales
Familia:	Cactaceae
Subfamilia:	Opuntioideae
Tribu:	Opuntieae

Fuente: http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm (10-04-2010)

2.1.4 Estructura Externa de la planta

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5 metros de altura. Dentro de la estructura externa de la planta se hace referencia a las siguientes partes:

Sistema Radical

El sistema radical es perenne, extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría” (Villegas, 1997, p. 16)

Tallo

El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos.

El tallo en si está constituido por el nopalito (cladodio tierno) y la penca (cladodio adulto). Los tallos presentan forma de raqueta ovoide o alongada aplanados, unidos unos a otros, alcanzando hasta 60-70cm, del longitud, cada rama, en conjunto alcanzan 5m de altura y 4m de diámetro, dependiendo del agua y de los nutrientes disponibles (Ochoa, 2003, p. 17).

Hojas

Las hojas caducas sólo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas en cuyas axilas haya las aréolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas.

Flores

Las flores son solitarias localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aréola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero. Las flores se abren a los 35 a 45 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco.

Fruto

El fruto es una baya polisperma, carnosa de forma ovoide esférica, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. Son comestibles, agradables y dulces (Rodríguez, 2009, pp. 15-18).

Cuadro 2. Composición química del Nopal

COMPONENTE	NOPAL
Humedad %	94,33
Proteína (x 6,25)	0,48
Grasa %	0,11
Fibra %	1,06
Cenizas %	1,60
Carbohidratos %	2,43
Vitamina C (mg/100g*)	23,11
Ca %	0,339
Na %	0,0183
K %	0,145
Fe %	0,322

Fuente: http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm(12-03-2010)

2.1.5 Valor Nutricional

La penca de nopal es una fuente rica de fibra insoluble y soluble incluyendo lignina, celulosa, semicelulosa, pectina, mucílago y gomas naturales. Estas fibras son responsables de muchos de los beneficios del Nopal para la salud. El nopal es también una fuente buena de vitaminas A, B1, B2, B3, vitamina C, potasio, mineral, calcio, magnesio y hierro además de contener 18 aminoácidos (Rodríguez, H 2009, p. 19).

Cuadro 3. Valor Nutricional

CONCEPTO	CONTENIDO
Porción Comestible	78,00
Energía (Kcal)	27,00
Proteína (gr.)	1,70
Grasas (gr.)	0,30
Carbohidratos (gr.)	5,60
Calcio (mg.)	93,00
Hierro (mg.)	1,60
Tiamina (mg.)	0,03
Riboflavina (mg.)	0,06
Niacina (mg.)	0,03
Ascórbico (mg.)	8,00

Corresponde a 100 g de peso Neto de Nopal Fresco

Fuente: <http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0c.htm#TopOfPage> (12-03-2010)

2.1.6 Análisis del sector productor del nopal (*Opuntia spp.*) en el Ecuador

- Localización geográfica

En la provincia de Imbabura, en las zonas de Juncal, Valle de Chota, Salinas, Cuenca del Río Mira, que están a 1800 metros de altura, con una temperatura de 20 ° C y con una precipitación anual de 300 a 700 mm, encontramos una gran diversidad del cultivo de Nopal.

En Pichincha, existen áreas extensas dedicadas a este cultivo del Nopal, principalmente los valles ubicados al norte de Quito, como Malchingui, Guayllabamba, San José de Minas, Calderón, Tumbaco, La Esperanza, ubicados

entre los 1800 y 2500 metros de altura, con temperaturas medias de 14 a 18 ° C y precipitaciones anuales de 700 a 800 mm (Hoffman, 1985, p. 37).

Las zonas de Cotopaxi comprendidos entre los 2800 metros de altura, con 14 ° C y 550 mm. de precipitación anual, corresponde a Saquisilí, Pujilí, Salcedo lugares donde encontramos Nopal.

En Tungurahua encontramos en los Valles de Patate, Pelileo, Montalvo, Guachi Chico, estos se encuentran ubicados de 2300 a 2800 metros de altura, con temperaturas medias de 15 ° C y precipitaciones anuales de 500 a 600 mm.

Arévalo, F (1997) menciona que “en la provincia de Chimborazo encontramos en Guano, San Andrés, Puela, Calpi, Guamote, Alausí, Palmira y Chingazo Bajo, ubicados de 2500 a 2800 metros de altura, con una temperatura media de 13 a 17 ° C y precipitaciones anuales de 200 a 600 mm.”

En la zona Sur del país, encontramos en menor porcentaje así en la provincia de de Cañar, Azuay y Loja. Clerque, M. Y Gudiño, S. (2010). Monografía del Nopal, (p. 20)

2.1.7 Comercialización

- Aspectos Económicos

La competitividad está relacionada con el costo de producción. Este es un indicador de su capacidad de competencia. Dentro de la estructura de costos del cultivo de nopalito se deben considerar las siguientes actividades: deshierbe, poda, sacado de la poda, abonado, control de plagas y enfermedades mediante productos aprobados por compañías certificadoras de cultivos orgánicos, riego, cosecha, empaque, desespinado y limpieza, además de costo de transporte y distribución que son importantes y marcan diferencias en la demanda del producto para cada zona de producción y sus mercados de consumo.

2.1.8 Mercado

- El nopal en el extranjero

Los nichos de mercado para la comercialización del nopalito para exportación se encuentran en la población mexicana que vive en Estado Unidos de América y Canadá y en menor grado, en Japón y Europa, como producto alimenticio exótico. Se sabe que los japoneses utilizan la fibra para fabricar bocinas de alta fidelidad. Actualmente se exportan alrededor de 4000 ton/año de las cuales corresponden 3500 a Estados Unidos de América y Canadá y 500 a Europa. Estados Unidos de América sigue siendo un nicho de mercado potencial ya que existen más de 13 millones de consumidores de origen mexicano que demandan el producto. Considerando el consumo, actualmente sólo se está cubriendo menos del 6% de la demanda. (Rodríguez, 2009, pp. 49-51).

2.1.9 Propiedades funcionales de cladodios

Los compuestos funcionales son aquellos que tienen efectos beneficiosos para la salud y tanto los frutos como los cladodios de la tuna son una fuente interesante de tales componentes entre los que destacan la fibra, los hidrocoloides (mucílagos), los pigmentos (betalainas y carotenoides), los minerales (calcio, potasio), y algunas vitaminas como la vitamina C, buscada entre otros motivos, por sus propiedades antioxidantes; todos estos compuestos son muy apreciados desde el punto de vista de una dieta saludable y también como ingredientes para el diseño de nuevos alimentos.

Entre estos compuestos funcionales, la fibra dietética es uno de los componentes más estudiados desde el punto de vista de la nutrición y la relación que existe entre fibra y salud, por ejemplo para el control del colesterol y prevención de algunas enfermedades como diabetes y obesidad.

<http://quetualimentoseatumedicina.blogspot.com/2008/07/opuntia-nopal-tuna-una-planta-con.html>. (13-03-2010)

2.1.10 Usos del Nopal

- **Tuna**

El fruto posee un valor nutritivo superior al de otras frutas en varios de sus componentes. 100 g de la parte comestible posee 58 a 66 unidades calóricas, 3 g de proteínas, 0,20 de grasas, 15,50 de carbohidratos, 30 de calcio, 28 de fósforo y vitaminas (caroteno, niacina, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico). Es empleado directamente en la alimentación o para la fabricación de mermeladas, jaleas, néctar, tunas en almibar, alcoholes, vinos y colorantes.

<http://www.lalinaza.com/propiedades-del-nopal.htm>(20-03-2010)

- **Alimentos**

Las pencas tiernas del nopal se preparan en escabeche, salmuera y encurtidos; se cocinan caldos, cremas, sopas, ensaladas, guisados, o en empanadas, huevos, platos fuertes, salsas, "antojitos", bebidas y postres.

<http://www.lalinaza.com/propiedades-del-nopal.htm>(20-03-2010)

- **Alimentación Animal**

Por su parte, las pencas de nopal son un alimento delicioso, tanto cuando se consumen en crudo como ligeramente asadas. También sirven como forraje para el ganado. Contienen proteínas y minerales, como calcio y potasio, en gran cantidad; son ligeramente laxantes, contribuyen a disminuir los niveles de colesterol y de glucosa, facilitan la eliminación de parásitos, sirven como tónico cardiaco (Atalah, E y Pak, N. 1997, pp. 78-89).

- **Hospedero para la producción de grana cochinilla**

Es de gran importancia la explotación comercial del nopal porque alberga al insecto *Dactulopius coccus*, "cochinilla del carmín". Este último es cotizado a nivel mundial por el colorante que produce la hembra. Se emplea en alimentos, en la industria cosmética y farmacéutica.

http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm (22-03-2011)

- **Conservador del suelo**

Un producto adicional es el mucílago o goma, obtenible por el prensado de la penca o cladodio. Es una especie muy usada en las prácticas agroforestales, asociado con cultivos con especies agrícolas y/o forrajeras, cercos vivos espinosos barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y en general como parte de prácticas de protección de suelos.

http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm (22-03-2011)

- **Propiedades medicinales**

Los tallos o pencas sobre todo por la reducción de los niveles de colesterol, triglicéridos, glucosa, resultante del consumo de nopal fresco o deshidratado en polvo, cápsulas, tabletas o té (diabetes, hipelipidemias) Parte de esas propiedades medicinales se deben al mucílago, pectina o "baba", que es un polisacárido complejo compuesto por arabinosa y xilosa. Las fibras vegetales y los mucílagos controlan la producción en exceso de ácidos gástricos y protege la mucosa gastrointestinal.

<http://www.lalinaza.com/propiedades-del-nopal.htm>(05-04-2010)

- **Cosméticos**

Existen diversos productos a base de nopal: shampoo, enjuagues capilares, crema para manos y cuerpo, jabón, acondicionador, mascarilla humectante, crema de noche, gel para el cabello, gel reductor, gel para la ducha, loción astringente, mascarilla estimulante y limpiadora, jabones y pomadas.

<http://www.prodiversitas.bioetica.org/tuna.htm>(20-03-2010)

2.1.11 Aprovechamiento de la pectina de nopal

Las pectinas son utilizadas ampliamente en la industria de alimentos como agentes hidrocoloides (gomas) gelificantes. Tienen como componente común y principal, a una cadena lineal central constituida de unidades de ácido poli-a-D-galacturónico unidas por enlaces glicosídicos 1-4. Dependiendo del origen botánico y el proceso de extracción los grupos carboxílicos están parcialmente esterificados con metanol y en ciertas pectinas los grupos hidroxilo están parcialmente acetilados.

Actualmente, la industria de extracción de pectina en México, está soportada en los desechos de cítricos, no obstante, de cara al futuro, nuevas fuentes de pectina pueden ser muy atractivas desde el punto de vista económico.

En este sentido, el nopal es una planta nativa de amplia distribución en zonas áridas y semiáridas de México y el mundo. Las pencas de nopal excretan un mucílago con capacidad de gelificación que ha sido descrito como una pectina. No obstante, a la fecha, no se había documentado el aislamiento y caracterización de una fracción de pectina de nopal obtenida mediante un proceso alcalino con excelentes propiedades de gelificación, lo cual constituyó el objeto central de este estudio.

http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualdata/publicaciones/rsqp/n3_2003/a06.pdf(21-04-2010)

2.2 PECTINA

2.2.1 Definición

La pectina es polisacárido natural, uno de los constituyentes mayoritarios de las paredes de las células vegetales y se obtiene a partir de los restos de la industria de fabricación de zumos de naranjas, limón y sidra. Es más barato que los otros gelificantes con la excepción del almidón forman geles en medios ácidos en presencia de cantidades grandes de azúcar. (Manual de ingeniero de Alimentos, 2000, p. 175)

2.2.2 Origen

La pectina fue descubierta en 1790 cuando Vauquelin encontró primeramente una sustancia soluble de los zumos de fruta. El científico francés Braconnot continuó el trabajo de Vauquelin y encontró que "una sustancia ampliamente disponible de plantas vivas, tenía propiedades gelificantes cuando se le añadía ácido a su solución". La llamó "pectina ácida" del griego "pectos" que significa sólido, coagulado.

<http://www.monografias.com/trabajos59/obtencionpectina/obtenciónpectina2.shtml> (22-02-2010).

2.2.3 Localización y estructura de las pectinas

Pilnik y Rombouts (1979) afirman: La naturaleza de las sustancias pécticas que constituyen la protopectina evoluciona con la edad del tejido, y de una forma mucho mayor cuando se trata de frutos. Hasta la maduración son insolubles, participando así en mantener la rigidez; pero alcanzada esta fase se va produciendo una degradación de la laminilla media (generalmente de tipo enzimático), con aparición de meatos intercelulares donde se acumulan los

compuestos pépticos, que poco a poco absorben agua y se solubilizan parcialmente.

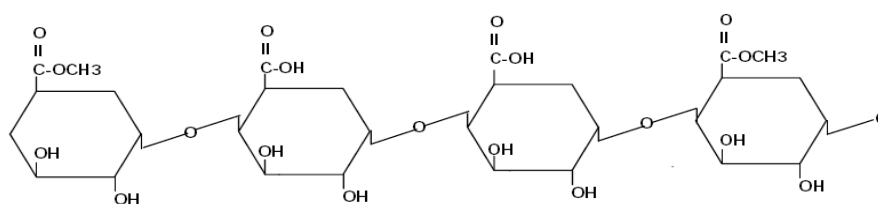
Navarro y Navarro (1985), apunta: El contenido en pectinas de los tejidos vegetales varía según el origen botánico y anatómico de la planta, tal como se muestra en la siguiente tabla (p. 144).

Cuadro.4 contenido de pectina en algunas materias primas

Origen	Contenido en pectina (%)
Patata	2,5
Zanahoria	10,0
Tomate	3,0
Manzana	5,5
Torta de manzana (residuos)	17,5
Girasol	25,0
Albedo de agrios	32,5
Fibra de algodón	0,7
Pepitas de limón	6,0
Corteza de limón	32,0
Pulpa de limón	25,0
Melocotón	7,5

Fuente: http://www.euroresidentes.com/Alimentos/diccionario_gastronomico/pectina.htm (11-06-2010)

Gráfico. 1 Estructura química de la pectina



Estructura representativa de la pectina

Fuente: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html> (04-07-2010)

2.2.4 Características químicas

Braverman (1990), señala: “Químicamente, la pectina consiste en cadenas largas y no ramificadas de ácido poligalacturónico, con los grupos carboxilos parcialmente esterificados con alcohol metílico. El principal constituyente de los polisacáridos pécticos es el ácido galacturónico unido en cadenas por medio de enlaces glicosídicos alfa (1-4)” (p.155).

El principal componente de la pectina es el ácido galacturónico parcialmente metilado. Algunos azúcares neutrales se encuentran también presentes en la molécula. El porcentaje de unidades de ácido galacturónico que están esterificados con etanol dan el grado de esterificación, lo cual influye en las propiedades gelificantes de la pectina.

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucars/pectinas.html>(02-03-2010)

- **Grado de Esterificación**

Se define como el porcentaje de grupos carboxil urónidos que se esterifican con metanol. La determinación de este porcentaje requiere la medida del contenido de metoxil ester y del ácido anhidro urónico. Permite determinar la capacidad de gelificación de la pectina

Hay una amplia gama de grados de esterificación dependiendo de especies, tejido y madurez. En general las pectinas del tejido tienen una gama de grados de esterificación que va del 60 al 90%.

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obmerm/p3.htm>(05-04-2010)

- **El grado de metoxilación**

Como parte de la estructura de la pectina se encuentran los grupos carboxilos, los cuales son esterificados por radicales metilo, a éstos se los conoce como metilación de una pectina (Braverman, 1967, p. 50).

- **Enlaces de calcio**

La habilidad del calcio para formar complejos con pectina está asociada con los carboxilos libres de las cadenas de pectina. Para la coagulación inducida por el calcio ha sido propuesta una llamada estructura de "cáscara de huevo" en la que los iones calcio interaccionan iónicamente y están coordinados con funciones oxigenadas de dos cadenas adyacentes, originando un cruzamiento de cadenas.

[http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obmerm/p3.htm\(05-04-2010\)](http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obmerm/p3.htm(05-04-2010))

2.2.5 Características físicas

- **Materia prima**

Según Granza, G. menciona que: “La preparación de los productos mínimamente procesados implica operaciones de limpieza, lavado, recortado, rebanado, triturado y otros pasos de procesamiento, muchos de los cuales incrementan la perecebilidad de los vegetales. En el momento de la cosecha de las pencas el pH evoluciona al progresar la madurez la cual puede ser perjudicial para el proceso pero esto se distingue a la *Opuntia ficus*” (p. 12).

- **Temperatura.**

La temperatura es uno de los factores muy importantes y críticos en la extracción de pectina, cualquier sistema que contenga pectina, tiene un límite superior de temperaturas por encima de la cual la gelificación nunca ocurrirá. Por debajo de esta temperatura crítica, las pectinas de bajo metoxilo gelifican casi instantáneamente mientras que la gelificación de las de alto metoxilo depende del tiempo. En contraste con las pectinas de alto metoxilo. Las de alto no son termoreversibles.

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>(05-04-2010)

- **Peso Molecular de la Pectina**

El peso molecular de la pectina, relacionado con la longitud de la cadena, es una característica muy importante de la que dependen la viscosidad de sus disoluciones y su comportamiento en la gelificación de las jaleas. La determinación cuidadosa del peso molecular es difícil, parcialmente debido a la extrema heterogeneidad de las muestras y parcialmente debido a la tendencia de las pectinas a agregarse.

http://www.euroresidentes.com/Alimentos/diccionario_gastronomico/pectina.htm(24-02-2010)

- **pH.**

La pectina es un ácido con un pH de aproximadamente 3,5. Un porcentaje alto de grupos ácido disociados respecto a no disociados hace la pectina más hidrofílica. Por lo tanto, la tendencia a gelificar aumenta considerablemente al bajar el pH. Esto se hace especialmente evidente en pectinas de alto metoxilo las cuales requieren normalmente un pH por debajo de 3,5 para gelificar.

- **Precipitación**

Las pectinas, después de haber sido sometidos a una ebullición prolongada en agua pura o ligeramente acidulada, es fácilmente precipitada por adición de alcohol o acetona, que actúan como agentes deshidratantes, en forma de una suspensión gelatinosa, que volverá a ser soluble en agua.

Cuando la precipitación se logra por adición de alcohol o acetona en más de un 60% la pectina precipita en forma de hilos, fibras y masas esponjosas.

[http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencionpectina2.shtml\(20-03-2010\)](http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencionpectina2.shtml(20-03-2010))

- **Solubilidad**

Una vez lograda la precipitación de la pectina, ésta puede ser secada y convertida en polvo siendo el tamaño de la partícula un factor importante. La solubilidad de la pectina será rápida cuando muestre un alto grado de dispersión, de lo contrario al adicionarle agua tenderá a formar grumos viscosos por fuera y secos por dentro, por esta razón es recomendable que la pectina se mezcle siempre antes con un poco de azúcar (5 - 8 veces su peso), sales amortiguadoras, o también humedecer con etanol antes de añadir agua (Braverman, 1967, p. 100).

Al adicionarles pequeñas cantidades de iones metálicos como aluminio, cobre, níquel, hierro, etc., se logrará un aumento en la dispersión. La dispersibilidad de las partículas está en función del revestimiento con una capa delgada de iones tales como: aluminio, níquel, cromo y cobre.

- **Degradación**

Las pectinas una vez liberadas de sus enlaces con la celulosa pueden degradarse según dos procesos diferentes:

Despolimerización.- El calentamiento en medio ácido o la acción de hidrolasas (pectinasas, pectino-hidrolasas, etc.) originan escisiones de las cadenas en trozos más cortos. En la despolimerización sólo se produce la ruptura de los restos de ácido galacturónico no metilados

Desmetilización.- Durante el madurado de las frutas ocurre variaciones en la metilación, es decir con la maduración disminuye el grado de metilación.

[http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P572.566CDG283/capitulo3.pdf\(27-02-2010\)](http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P572.566CDG283/capitulo3.pdf(27-02-2010))

2.2.6 Tipos de pectina

Las pectinas se clasifican: según su “poder gelificante (grado), su grado de metoxilación (Braverman, 1967, p. 80).

Pectinas de alto metoxilo donde GE es mayor al 50%.

Pectinas de bajo metoxilo donde GE es menor al 50%

Las pectinas de alto metoxilo pueden encontrarse en el mercado de tres tipos:

Cuadro 5. Tipos de pectinas

Gelificación de la pectina	Porcentaje esterificación
Lenta	60 – 67
Mediana	68 – 70
Rápida	71 – 76

Fuente:[http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P572.566CDG283/capitulo3.pdf\(27-02-2010\)](http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P572.566CDG283/capitulo3.pdf(27-02-2010))

- **Pectina de Gelificación Rápida**

Con un grado de metoxilación de por lo menos el 70%, que forma geles con adición de azúcar y ácidos a pH de 3,0 - 3,4; y a temperaturas superiores a los 85°

C. Esta pectina produce el espesamiento o gelificación al poco tiempo de ser agregada. Esto mantiene las frutas y las partículas de pulpa uniformemente en todo el lote o en los envases, evitando el problema de "flotación".

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>(27-02-2010)

- **Pectina de Gelificación Lenta**

Con un grado de metilación entre el 50 - 70%, que forma geles con azúcar y ácido a pH óptimo entre 2,8 - 3,2 y su gelificación puede empezar a temperaturas menores a 85° C. El uso de esta pectina evita que la jalea se solidifique antes de ser colocada en los envases.

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>(27-02-2010)

- **Pectinas de gelificación a velocidad media**

Son usadas para la fabricación de mermeladas destinadas a ser empacadas en recipientes pequeños (máximo 1 Kg.), ya que la rapidez de gelificación evita que la fruta en trozos flote durante la fase de enfriamiento. Estas pectinas son también empleadas para aquellos productos que requieren un valor relativamente alto de pH (pH=3,0-3,5 para 65% de sólidos solubles).

<http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html>(27-02-2010)

- **Pectina de bajo Metoxilo.**

Al contrario de las pectinas de alto metoxilo las pectinas de bajo metoxilo (LM) forman geles termorreversibles por interacción con el calcio presente en el medio; el pH y la concentración de sólidos son factores secundarios que influyen en la velocidad y la temperatura de gelificación y además en la textura final del gel.

En efecto estas pectinas tienen la propiedad de formar gel cuyo soporte está constituido por una estructura reticular de PECTINATOS DE CALCIO, mientras su contenido de sólidos solubles puede bajar hasta 2%, y el valor de pH acercarse a la neutralidad. Para la gelificación, por esto, la sola presencia de la pectina y de las sales de calcio es necesaria y suficiente.

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obmerm/p3.htm>(05-04-2010)

2.2.7 Usos y Aplicaciones de la Pectina

Las industrias de productos de frutas emplean pectina líquida y pectina en polvo, y algunas empresas fabrican su propia pectina (Amos A.J, 1969, pp.135- 136)

- Empleo de la pectina en alimentos.- elaboración de mermeladas, jaleas y conservas de frutas
- Empleo de pectinas para fines medicinales.- Uso en la odontología, medicamentos
- Empleo de la pectina como medio de cultivo microbiológico.
- También se emplean las pectinas en la industria para el endurecimiento de aceros, etc.

2.2.8 Productos sustituyentes

Los principales sustituyentes de la Pectina, (Kirk y Othmer, 1962, p.782) son:

- Agar-agar
- carragenina
- goma de zapote
- gelatinas sin sabor
- almidón modificado.

2.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE PECTINA

A escala industrial el más utilizado es la hidrólisis ácida. Por esta razón se prueba este método con algunas modificaciones hasta obtener un proceso sencillo y acorde a nuestro medio, así se trabaja utilizando varios ácidos como el sulfúrico, clorhídrico tartárico y cítrico. La ventaja principal de la hidrólisis es su alto rendimiento a comparación de otros métodos de extracción que poseen buena calidad pero bajo rendimiento aparte de ser de muy alto costo de producción. Actualmente se conocen varios métodos de obtención de pectina como son:
[http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html\(06-04-2010\)](http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/pectinas.html(06-04-2010))

2.3.1 Hidrólisis ácida

El método más conocido para obtener pectina es la hidrólisis ácida, el cual consiste en someter al sustrato a una cocción en medio ácido, posterior filtración y purificación, con lo cual se logra separar la pectina presente del resto de compuestos de las cáscaras, para luego secarla y molerla hasta tener un fino polvo listo para comercializarlo.

A la materia prima se las somete a una hidrólisis ácida, Generalmente se proponen valores de temperatura para la extracción de pectina con HCl que varían de 85 a 90°C, pH de 1,6 a 2,0 y tiempos de extracción de 30 a 60 minutos.

Braddock. (1976) indica que pectina a partir de corteza de limón se lo puede extraer con ácido nítrico a pH 1,8 y 80°C durante 60 minutos. (p.20)

Aravantinos, (1992) señala que la influencia de la temperatura, tiempo de extracción y pH sobre las "unidades de gelificación" en pectina de naranja se extraen a aún pH de 1,20; 1,60; y 2,00 y temperaturas de 75, 85, y 95°C a 20, 40 y 60 minutos respectivamente (p70).

2.3.2 Acción de enzimas

Las pectinas pueden separarse de forma natural de los tejidos vegetales denominada protopectina cuando la fruta está extremadamente madura y cuando las enzimas actúan naturalmente sobre estas. Las enzimas pécticas se pueden clasificar dependiendo del tipo de actividad que catalizan, en dos grupos: las desesterificantes (pectina esterasas) y las despolimerizantes. Las primeras catalizan la hidrólisis de los ésteres metílicos del ácido poligalacturónico, liberando metanol al medio y convirtiendo las pectinas en ácidos pécticos. Las segundas son un grupo más numeroso de enzimas capaces de desdoblar las cadenas de ácido poligalacturónico de diverso grado de esterificación en unidades de menor tamaño (Granados, 1991, p. 50).

2.3.3 Medio Alcalino

En el proceso de extracción de pectina en medio de un proceso alcalino utilizando hexametáfosfato como secuestrante. Secuestrar cationes (calcio, magnesio, cobre, hierro, etc) de tal forma que no precipitan en forma de costras o de deposiciones, sino que quedan en disolución. A estos efectos también se puede utilizar el citrato sódico, fluoruro sódico o el EDTA. Con este método se puede obtener pectinas de buena calidad debido a que estos elementos forman compuestos como pectatos de calcio que mejoran la solubilidad de la pectina pero son de bajo rendimiento.

[http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion-pectina2.shtml\(06-04-2010\)](http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion-pectina2.shtml(06-04-2010))

2.4 CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LA PECTINA

Se trata de un hidrato de carbono que no se absorbe en el intestino, y que forma parte de lo que llamamos fibra soluble. La pectina tiene la particularidad de retener agua y se le atribuyen efectos benéficos en caso de diarrea ya que hace más lento el tránsito intestinal.

El principal efecto indeseable del que se ha acusado a las pectinas es el de que inhiben la captación de metales necesarios para el buen funcionamiento del organismo, como el calcio, zinc o hierro. Respecto a esta cuestión, se puede afirmar que no interfieren en absoluto con la captación de ningún elemento, con la posible excepción del hierro. En este último caso, los diferentes estudios son contradictorios.

La ingestión de pectinas reduce por otra parte la concentración de colesterol en la sangre, especialmente del ligado a las lipoproteínas de baja y muy baja densidad, por lo que la ingestión de pectinas puede actuar también como un factor de prevención de esta enfermedad.

[http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion_pectina2.shtm\(10-04-2010\)](http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion_pectina2.shtm(10-04-2010))

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES Y EQUIPOS

3.1.1 MATERIALES

- Materiales de vidrio
- Buretas
- Mufla
- Mortero
- Embudos
- Pinzas
- Papel filtro
- Jarras 1lt
- Guantes (térnicos ,caucho ,industriales)
- Mesas
- Envases para muestras
- Cuchillos
- Ollas
- Agitador
- Filtro o colador

3.1.2 EQUIPOS

- Balanza
- Licuadora industrial

- Cocina
- Secador
- Termómetro
- Cronómetro
- Potenciómetro
- Molino manual
- Viscosímetro

3.1.3 INSUMOS

- Ácido Clorhídrico
- Etanol

3.1.4 MATERIA PRIMA

- Nopal
- Agua desmineralizada

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Localización del Experimento

Este proyecto se lo realizó en la ciudad de Ibarra. La fase de campo concretamente se trabajó en los laboratorios de Extractos ubicadas en las unidades productivas como también los análisis de laboratorio se los realizó en el laboratorio de Uso Múltiples de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

3.2.2 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

CANTÓN	:	Ibarra
PROVINCIA	:	Imbabura
PARROQUIA	:	El Sagrario
SITIO	:	Unidades Productivas UTN
ALTITUD	:	2212 m.s.n.m.
LATITUD	:	0° 20' Norte
HR. PROMEDIO	:	73%
PLUVIOSIDAD	:	503- 1000 m.m. Año
LONGITUD	:	78° 08' oeste
TEMPERATURA	:	18°C

Fuente: Departamento de Meteorología de la Dirección de Aviación Civil Aeropuerto Militar Atahualpa de la Ciudad de Ibarra (24-03-2010)

3.3 FACTORES DE ESTUDIO

Cuadro 6. Factores

FACTOR A	
ESTADO DE MADUREZ	
A1	Tierno (6 meses)
A2	Maduro (12meses)
FACTOR B	
TEMPERATURA DE EXTRACCIÓN	
B1	80 ° C
B2	90 ° C
FACTOR C	
TIEMPO DE EXTRACCIÓN	
C1	30 min
C2	60 min

3.3.1 TRATAMIENTOS

Cuadro 7. Combinación de factores

TRATAMIENTOS	FACTORES		
T1	A1	B1	C1
T2	A1	B1	C2
T3	A1	B2	C1
T4	A1	B2	C2
T5	A2	B1	C1
T6	A2	B1	C2
T7	A2	B2	C1
T8	A2	B2	C2

3.3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL

Diseño completamente al azar, 8 tratamientos y 3 repeticiones con arreglo factorial $A \times B \times C$ en el que **A** corresponde a la madurez del nopal, **B** a la temperatura de extracción y **C** al tiempo de extracción.

3.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Cuadro 8. Característica del experimento

REPETICIONES	3
TRATAMIENTOS	8
UNIDADES EXPERIMENTALES	24

3.3.4 TAMAÑO DE UNIDAD EXPERIMENTAL

Cada unidad experimental constó de 10 kg de Nopal fresco en los estados de madurez tierno (6 meses) y maduro (12 meses).

3.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Cuadro 9. Análisis estadístico

F de V	GL
TOTAL	23
TRATAMIENTOS	7
A	1
B	1
C	1
A x B	1
A x C	1
B x C	1
A x B x C	1
ERROR EXPERIMENTAL	16

3.3.6 ANÁLISIS FUNCIONAL

- Se calculo el coeficiente de variación (CV%)
- Prueba de Tukey al 5% para tratamientos y prueba de DMS para factores.

3.3.7 VARIABLES A EVALUARSE

VARIABLES CUANTITATIVA

- Rendimiento
- Grado de Esterificación
- Sólidos Solubles
- Acidez titulable
- Viscosidad relativa

VARIABLES CUALITATIVAS

- Olor
- Color
- Textura

3.4 MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO PARA PECTINA DE NOPAL

3.4.1 Rendimiento (Porcentaje). El rendimiento es una proporción entre el peso obtenido y el peso inicial por cien por ciento, se determinó mediante una balanza gramera digital, con la finalidad de cuantificar el rendimiento de la pectina obtenida después de la molienda en base al peso del nopal cortado esto se realizó para todos los tratamientos utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento (\%)} : \frac{w_2}{w_1} \times 100$$

Donde W1 = Peso nopal cortado

W2 = peso de la pectina obtenida



Fotografía 2: balanza

3.4.2 Grado de esterificación. El grado de esterificación es un factor importante que caracteriza las cadenas de las pectina de los grupos carboxilos, se determinó usando el método de valoración de Schultz y Schweiger (1965) de la pectina obtenida después de la molienda con la finalidad de evaluar el tipo de pectina, y cuyo protocolo es el siguiente:

Se valoran 10 ml de disolución de pectina al 1 % con NaOH (hidróxido de sodio) 0,1 Normal, usando fenolftaleína como indicador (valoración A) añadiendo 20 ml de NaOH 0,5 Normal en un tiempo determinado con el fin de desterificar la pectina.

A continuación se añadió 20 ml de HCl (ácido clorhídrico) 0,5 Normal para neutralizar el NaOH. Finalmente la disolución se valora con NaOH 0,1 Normal (valoración B).

El grado de esterificación se calcula con la siguiente ecuación:

$$DE = \frac{B}{A + B} \cdot 100$$



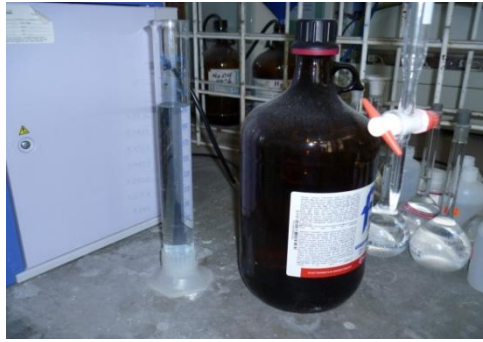
Fotografía 3: determinación de grado de esterificación

3.4.3 Sólidos Solubles (° Brix) Los grados °Brix indican los sólidos solubles presentes en la solución, se determinó por lectura directa con un refractómetro manual de una solución al 5 por ciento en agua destilada de la pectina obtenida después de la molienda para todos los tratamientos, variable que permitió determinar los cambios de concentración sólidos solubles después de aplicar los factores establecidos.



Fotografía 4: Brixómetro

3.4.4 Acidez titulable La acidez del titulable se expresó convencionalmente en gramos del ácido sobre 100g o 100ml producto el factor apropiado para el ácido cítrico monohidratado (0,070), contenido en el producto y se determinó de acuerdo al método (A.O.A.C., 942.15) basada en una titulación con NaOH 0,1Normal y fenolftaleína como indicador y tiene como finalidad evaluar la cantidad de ácido en la pectina obtenida después de la molienda para todos los tratamientos.



Fotografía 5: Determinación de acidez titulable

3.4.5 Viscosidad. La viscosidad es la propiedad de un fluido mediante la cual se ofrece resistencia al corte. La unidad de viscosidad es el poise (g/cm s); más comúnmente se lo utiliza el submúltiplo el centipoise. Para evaluar esta variable se utilizó un viscosímetro Brookfield por lectura directa basada principalmente en el principio de rotación de un cilindro o aguja en el material y tiene como finalidad determinar la consistencia de la pectina en solución o pectina líquida antes del proceso de concentración.



Fotografía 6: Viscosímetro

3.4.6 Determinación de las variables cualitativas

Análisis sensorial.- Con todos los tratamientos se realizó el análisis sensorial (olor, color, textura), se evaluaron mediante degustaciones al final de la fase experimental para conocer la aceptación o rechazo del producto. Esto se realizó con estudiantes de la carrera de ingeniería agroindustrial, ficha de evaluación sensorial detallado en el anexo 1.

Los datos registrados se evaluaron a través de las pruebas no para métricas de FRIEDMAN, basada en la siguiente fórmula.

$$X^2 = \frac{12}{rt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Donde:

X^2 = Chi Cuadrado

r = Numero de degustadores

t = Tratamientos

$\sum R^2$ = Sumatoria de los rangos al cuadrado

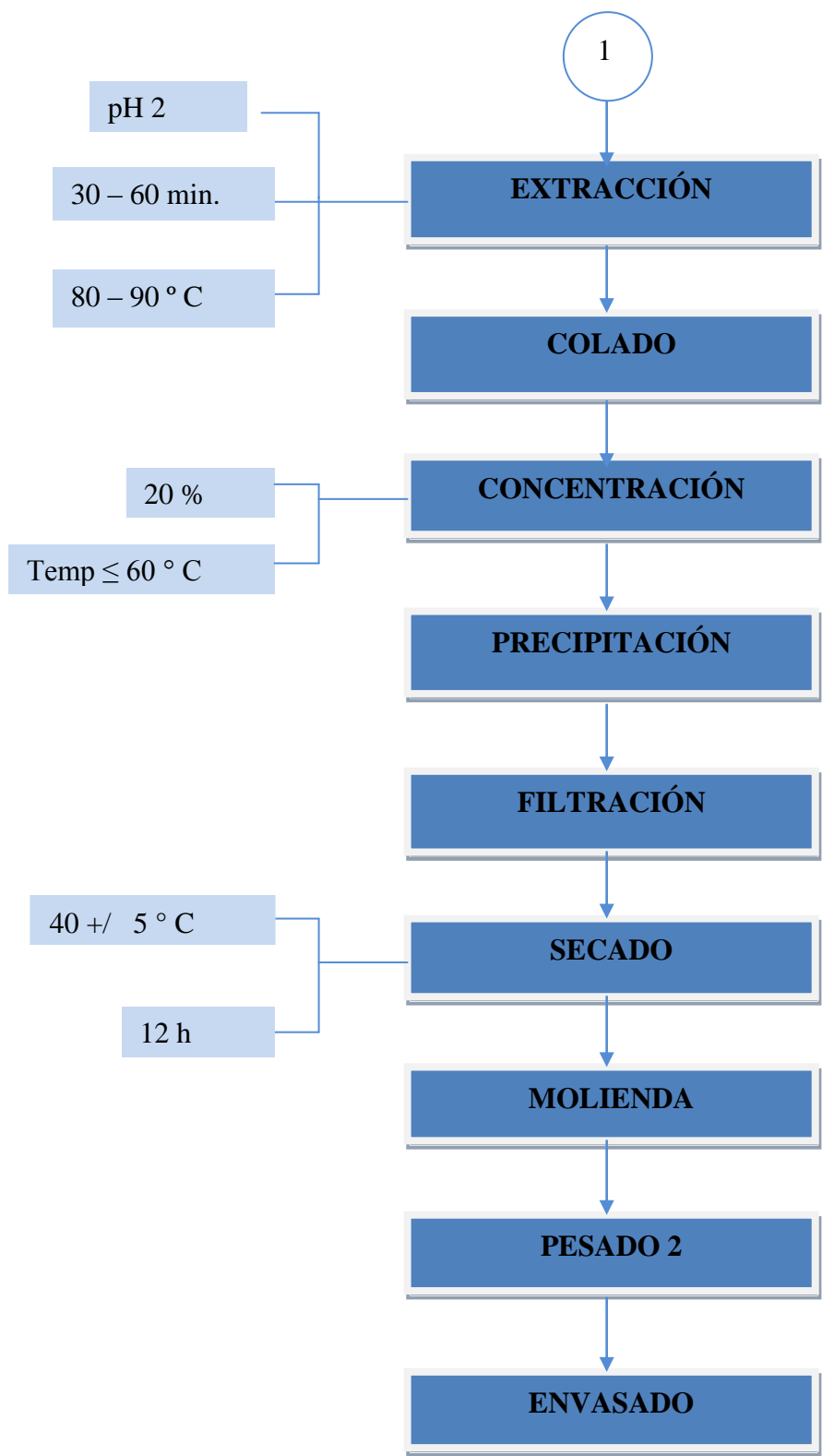
3.4.7 Identificación de la pectina por análisis físico químico del mejor tratamiento en base al rendimiento.

- Humedad
- Cenizas
- Fibra Total
- Potasio
- pH

3.5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA DE NOPAL

MATERIA PRIMA
NOPAL





3.6 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE INDUSTRIALIZACIÓN DEL PRODUCTO

3.6.1 MATERIA PRIMA. En la investigación las pencas se obtuvieron de los cultivos de la comunidad de Juncal, Changuayacu, perteneciente a la parroquia de Pimampiro de variedad blanca (*Opuntia* spp.), preferentemente las hojas a utilizarse deben ser sanas, la madurez es esencial para la extracción de pectina por esta razón se tomaron dos estados de madurez que fueron tierno (6 meses) y maduro (12 meses) la corteza no presentó magulladuras y partes en estado de descomposición; esto permite tener un buen rendimiento y buena calidad de pectina.



Fotografía 7. Materia prima (Nopal)

3.6.2 RECEPCIÓN. Corresponde al punto de transferencia de propiedad entre un proveedor y un cliente. Las hojas de nopal se las recibió en cajas de cartón con el fin de evitar daños y magulladuras en la materia prima, las mismas que fueron transportadas al laboratorio de Extractos de la Universidad Técnica del Norte.



Fotografía 8. Recepción

3.6.3 SELECCIÓN. La selección es la acción o efecto de elegir cosas entre otras. Las hojas recibidas se las seleccionó en forma manual utilizando guantes de hule, se desecharon aquellas picadas, cortadas, oxidadas y en mal estado con la finalidad de no alterar la calidad del producto final.



Fotografía 9. Selección

3.6.4 DESESPINADO. El desespinado es la eliminación de las espinas para facilitar su manejo y que no interviene en el proceso de extracción. Las hojas de nopal una vez seleccionadas se las desespinoó con un cepillo de cerdas suaves y guantes industriales cuidando de no dañar la epidermis para evitar contaminación y su posterior oxidación.



Fotografía 10. Desespinado

3.6.5 LAVADO. Etapa por el cual se elimina residuos presentes en la materia prima. Las hojas de nopal se lavaron manualmente con abundante agua, con el fin de eliminar suciedad y otros residuos que alteren el proceso de extracción.



Fotografía 11. Lavado

3.6.6 DESINFECTADO. El desinfectado proceso por el cual se eliminan los agentes patógenos que puedan alterar el producto final, las hojas de nopal se las sumergió disolución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 0,1 por ciento, con la finalidad de eliminar la mayoría de la flora bacteriana.



Fotografía 12. Desinfectado

3.6.7 ESCURRIDO. Proceso mediante el cual se elimina el exceso de agua. Las hojas de nopal desinfectadas se colocaron en bandejas con mallas al ambiente para escurrir toda el agua y tiene como finalidad no alterar el valor del pH que es un factor importante en el proceso de hidrólisis.



Fotografía 13. Ecurrido

3.6.8 CORTADO. Es la operación que reduce el tamaño de la materia prima en trozos más pequeños facilitando así su manejo. Para su efecto se utilizó un cuchillo, las hojas se cortaron, a un tamaño de 1 centímetro aproximadamente, para facilitar el licuado.



Fotografía 14. Cortado

3.6.9 PESADO 1 Operación que nos permite determinar el valor de la masa total de la materia prima. Para su efecto se utilizó una balanza, se pesó la masa del nopal cortado con la finalidad de establecer el peso inicial para permitir cuantificar el rendimiento al final del proceso de extracción.



Fotografía 15. Pesado

3.6.10 TRITURADO Proceso por el cual se obtiene una sustancia más homogénea. El nopal cortado se trituró en una licuadora industrial y se recogió en ollas de aluminio con el fin de que el nopal sea más homogéneo y facilite la separación de la pectina de los demás compuestos por medio de la hidrólisis.



Fotografía 16. Licuado

3.6.11 EXTRACCIÓN. Es el proceso que nos permite separar sustancias químicas de los tejidos vegetales por medio de hidrólisis, al nopal triturado se añadió ácido clorhídrico (HCl) 0,2 normal hasta un pH de 2 utilizando un potenciómetro, luego se transfirió calor a la solución de nopal – ácido mediante una cocina industrial en ollas de aluminio a temperaturas y tiempos establecidos con un termómetro y un cronometro y una agitación constante con la finalidad de que el calor se transfiera a toda la solución.



Fotografía 17. Proceso de hidrólisis

3.6.12 COLADO. Es la operación que consiste en la separación de los residuos grandes y pequeños de la solución. La solución extraída se coló mediante un colador de metal de finos agujeros en una olla de aluminio con la finalidad de separar la solución de pectina- ácido de los demás residuos, una vez terminado este proceso se procedió a medir el volumen y la viscosidad de la solución para su posterior concentración.



Fotografía 18. Colado

3.6.13 CONCENTRACIÓN. La concentración de una disolución es la proporción o relación que hay entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolvente. La solución (pectina - ácido) se concentró hasta aproximadamente un 20% de su volumen total utilizando una cocina industrial a baño maría y agitación constante, con la finalidad de disminuir los volúmenes de reactivos utilizados, así como el volumen de los equipos. Se controló la temperatura que no supere los 65 ° C ya que la pectina es susceptible a degradación a altas temperaturas.



Fotografía 19. Concentración

3.6.14 PRECIPITACIÓN. Un precipitado es el sólido que se produce en una disolución por efecto de una reacción química o bioquímica. Para esto se utilizó un volumen del 80% de etanol por volumen de solución concentrada, se añadió el etanol en la solución pectina – ácido contenido en las ollas de aluminio, al cabo de una hora de precipitación se formó una solución bifásica. La fase superior se caracterizó por su textura gelatinosa compuesta principalmente de pectina, la fase inferior constituida por etanol, trazas de pectina y otros compuestos solubles en este.



Fotografía 20. Precipitación con etanol

3.6.15. FILTRACIÓN Se denomina filtración al proceso de separación de sólidos en suspensión en un líquido mediante un medio poroso. La solución bifásica se filtró en un lienzo de poros finos con una agitación constante para facilitar proceso y disminuir el tiempo de filtrado.



Fotografía 21. Filtrado

3.6.16 SECADO. El secado es un método de conservación de alimentos consistente en extraer el agua de estos, lo que inhibe la proliferación de microorganismos y dificulta la putrefacción. La pasta obtenida por el filtrado se secó utilizando un secador continuo controlando a $40 \pm 5^\circ\text{C}$ por 12 horas, la temperatura no tiene que exceder los 65°C , por cuanto la pectina es susceptible a degradación a altas temperaturas. Se obtuvo una pectina compacta en pequeñas hojuelas.



Fotografía 22. Proceso de secado

fotografía 23. Fin del secado

3.6.17 MOLIENDA. El término molienda es de uso común, se refiere a la pulverización y a la dispersión del material sólido. Las hojuelas de pectina se molieron utilizando un molino manual procurando hacerlo de forma más rápida por cuanto la pectina es hidróscopica es decir absorbe humedad del ambiente. Terminado esta etapa se determinó las variables de proceso.



Fotografía 24. Molienda



fotografía 25. Producto final

3.6.18 PESADO 2 Operación que nos permite determinar el valor de la masa total del producto final. Una vez finalizada la etapa de molienda se procedió a pesar la pectina obtenida para evaluar el rendimiento en base al peso del nopal cortado para su efecto se utilizó una balanza gramera digital.

3.6.19 ENVASADO. El envasado es un método para conservar alimentos. La pectina pesada se embazó en frascos de polipropileno adecuados para este tipo de extractos que aíslan la humedad del producto, debido a que la pectina tiene un carácter higroscópico.



Fotografía 26. Envasado

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación “Extracción de pectina de nopal (*Opuntia ficus indica*) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempo y estados de madurez”. Con la finalidad de comprobar factores, variables, hipótesis planteada, se realizó el siguiente análisis estadístico.

4.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES

Para realizar el análisis estadístico, se consideró los siguientes factores. Estado madurez, temperatura y tiempo de extracción. Además se tomó en cuenta las siguientes variables cuantitativas, evaluadas al inicio, durante y al final del proceso de extracción de la pectina: rendimiento, grado de esterificación, acidez, viscosidad y sólidos solubles.

4.1.1 Análisis del rendimiento

Para esta variable se tomó datos al inicio y final del proceso de extracción. Se presentaron los valores del rendimiento para cada tratamiento en la etapa final una vez terminada la molienda

Cuadro 10. Valores obtenidos del rendimiento (%) al finalizar el proceso de extracción de pectina después de molienda.

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	0,52	0,54	0,51	1,570	0,523
A1B1C2	0,49	0,50	0,51	1,500	0,500
A1B2C1	0,50	0,50	0,50	1,500	0,500
A1B2C2	0,50	0,54	0,47	1,510	0,503
A2B1C1	0,68	0,65	0,70	2,030	0,677
A2B1C2	0,54	0,57	0,50	1,610	0,537
A2B2C1	0,52	0,52	0,53	1,570	0,523
A2B2C2	0,53	0,55	0,56	1,640	0,547
TOTAL	4,280	4,370	4,280	12,930	0,539

Cuadro 11. ADEVA de la variable de rendimiento

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	23	0,07886				
Tratamientos	7	0,07146	0,01021	22,073**	4,030	2,660
FA (Estado de Madurez)	1	0,02470	0,02470	53,414**	8,530	4,490
FB (Temperatura)	1	0,01000	0,01000	21,631**	8,530	4,490
FC (Tiempo)	1	0,00700	0,00700	15,144**	8,530	4,490
I (AxB)	1	0,00570	0,00570	12,333**	8,530	4,490
I (AxC)	1	0,00350	0,00350	7,577*	8,530	4,490
I (BxC)	1	0,01354	0,01354	29,270**	8,530	4,490
I (AxBxC)	1	0,00700	0,00700	15,144**	8,530	4,490
ERROR EXP.	16	0,00740	0,00046			

CV= 3,9918%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, factor A (estado de madurez), factor B (temperatura de extracción), factor C (tiempo de extracción) y las interacciones (AxB), (BxC) , (AxBxC) y significativo para la interacción (AxC). Esto demuestra, que el estado de madurez, la temperatura y el tiempo influyen significativamente en el rendimiento de la pectina polvo

Cuadro 12. Prueba de TUKEY para variables de rendimiento al final del proceso de extracción después de la molienda.

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T5 A2B1C1	0,677	a
T8 A2B2C2	0,547	b
T6 A2B1C2	0,537	b
T1 A1B1C1	0,523	b
T7 A2B2C1	0,523	b
T4 A1B2C2	0,503	b
T2 A1B1C2	0,500	b
T3 A1B2C1	0,500	b

Según muestra Tukey para tratamientos, se observa que existen dos rangos, el tratamiento que ocupa el rango “a” es el tratamiento T5 y los tratamientos T8, T6, T1, T7, T4, T2, T3 donde estadísticamente son iguales. La mejor media se encuentra en el tratamiento T5 (estado de madurez = 12meses, temperatura de extracción = 80 ° C y tiempo = 30min.) cuyo valor es de 0,677 %. Siendo el mejor tratamiento.

Cuadro 13. Pruebas de significación de DMS para el factor A (Estado de madurez)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	0,571	a
A1	0,507	b

Al realizar la prueba DMS para el factor A (estado de madurez) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel A2 (madurez 12 meses) tiene el rango “a” teniendo un valor alto de rendimiento (0,571 %) esto indica de que a mayor estado de madurez mejor contenido de pectina por ende mejor rendimiento.

Cuadro 14. Pruebas de significación de DMS para el factor B (temperatura de extracción)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B1	0,559	a
B2	0,518	b

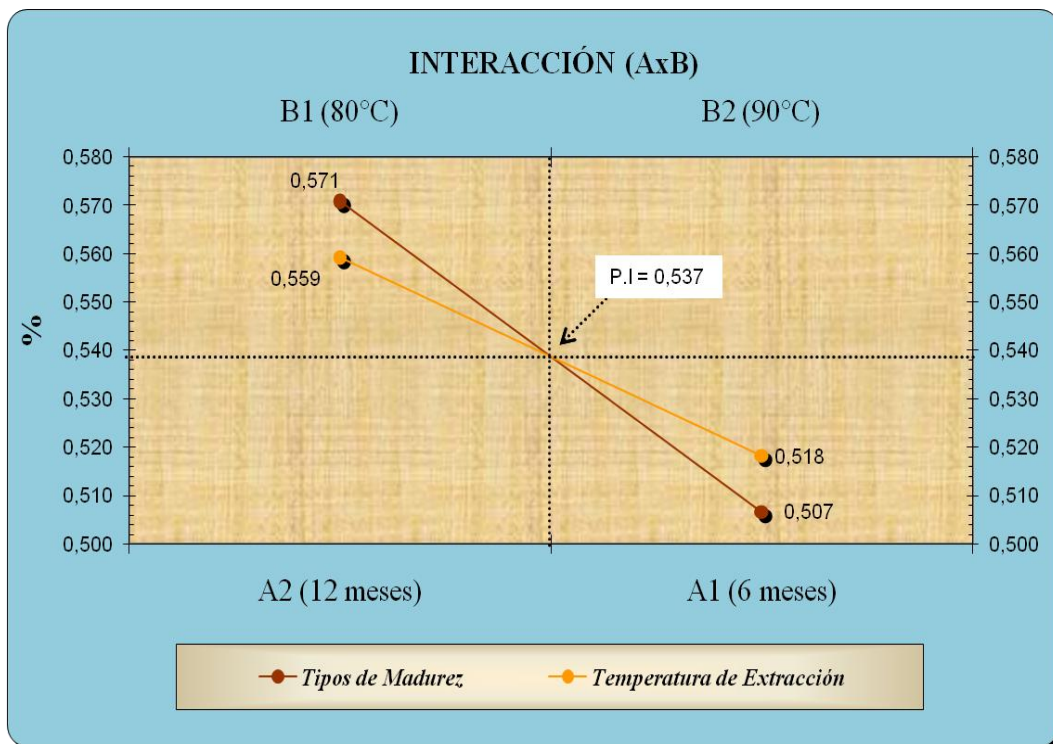
Al realizar las pruebas de DMS para el factor B (temperatura de extracción) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel B1 (temperatura de extracción 80 °C) tiene el rango “a” teniendo un valor alto de 0,559 % esto demuestra que a una temperatura más baja se obtiene un mejor rendimiento.

Cuadro 15. Pruebas de significación de DMS para el factor C (tiempo de extracción)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C1	0,556	a
C2	0,522	b

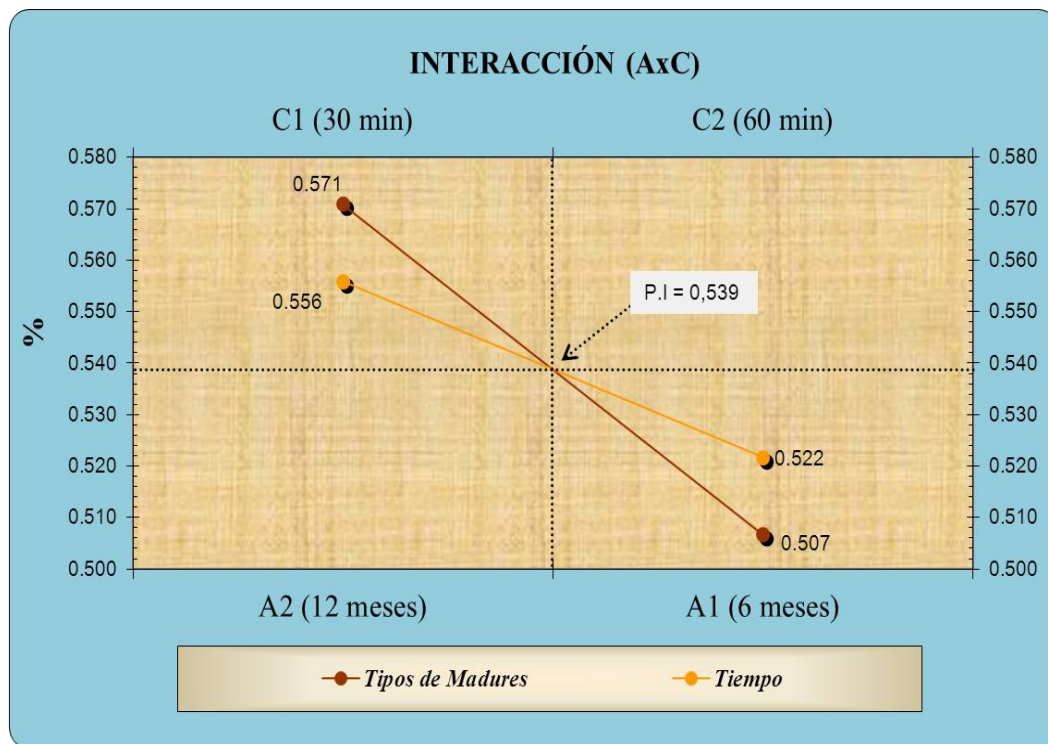
Al realizar las pruebas de DMS para el factor C (tiempo de extracción) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel C1 (tiempo de extracción 30min) tiene el rango “a” teniendo un valor alto de 0,556 % esto demuestra que aun tiempo más bajo se obtiene un mejor rendimiento.

Gráfico 2. Efecto de las interacciones del rendimiento entre estado de madurez – temperatura de extracción



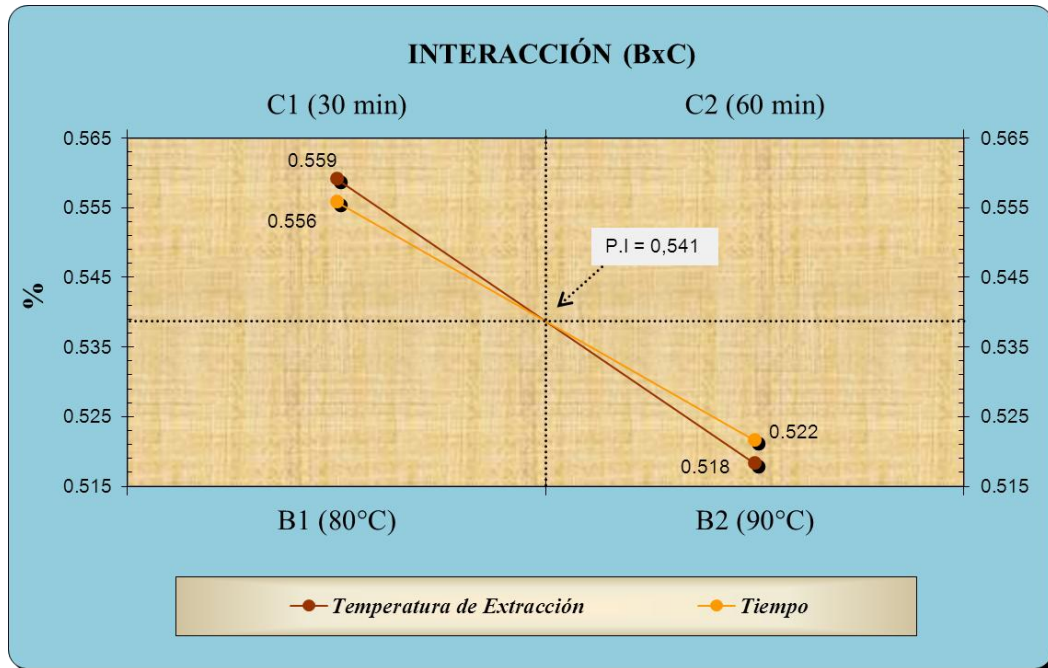
La interacción de los factores estudiados indica que el estado de madurez, es directamente proporcional al rendimiento esto quiere decir que a mayor estado de madurez mayor será el rendimiento. Por el contrario la temperatura es inversamente proporcional al rendimiento es decir que existe mejor rendimiento cuando más bajo sea la temperatura. Con un punto óptimo de intersección de 0,537%.

Gráfico 3. Efecto de las interacción del rendimiento entre estado de madurez – tiempo de extracción



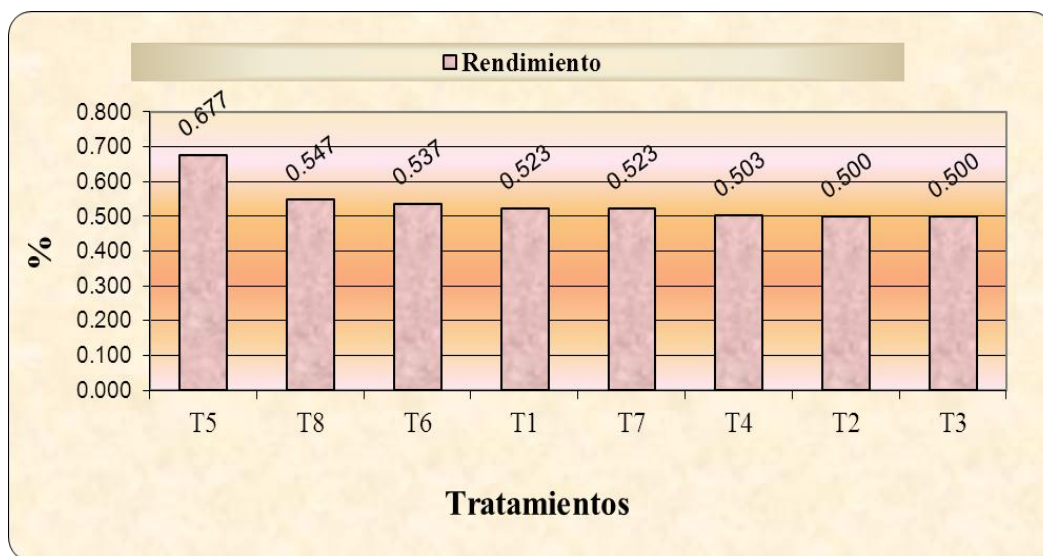
La interacción de los factores estudiados indica que el estado de madurez, es directamente proporcional al rendimiento esto quiere decir que a mayor estado de madurez mayor será el rendimiento. Por el contrario el tiempo de extracción es inversamente proporcional al rendimiento es decir que existe mejor rendimiento cuando más bajo sea el tiempo de extracción y con un punto óptimo de intersección de 0,539 %.

Gráfico 4. Efecto de las interacción del rendimiento entre temperatura – tiempo de extracción



La interacción de los factores estudiados indica que la temperatura, es inversamente proporcional al rendimiento esto quiere decir que mayor será el rendimiento cuando menor sea la temperatura de extracción. Del mismo caso el tiempo de extracción es inversamente proporcional al rendimiento es decir que existe mejor rendimiento cuando más bajo sea el tiempo de extracción y con un punto óptimo de intersección de 0,541 %.

Gráfico 5. Comportamiento de la medias para el rendimiento al final del proceso de extracción



En el gráfico se indica los valores promedios del rendimiento correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio. Identificando como el mejor: T5 (estado de madurez =12 meses, temperatura de extracción =80 °C y un tiempo = 30min) con valor de 0,677 %. Según afirma “Braverman” la pectina esta mejor conformada entre más madura este la fruta. Por esta razón el mejor rendimiento se obtiene de la madurez de doce meses. A temperaturas y tiempos mínimos de extracción el rendimiento es mejor, esto lo demuestra también en su tesis el autor “Mauro Mueckay”.

4.1.2 Análisis del grado de esterificación

Se presentan los valores de grado de esterificación para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones al finalizar la molienda.

Cuadro 16. Valores obtenidos del grado de Esterificación (%) al finalizar el proceso de extracción después de la molienda.

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	22,58	22,58	22,58	67,740	22,580
A1B1C2	29,31	30,00	28,45	87,760	29,253
A1B2C1	28,89	26,40	26,40	81,690	27,230
A1B2C2	27,64	22,97	23,00	73,610	24,537
A2B1C1	22,95	22,95	22,25	68,150	22,717
A2B1C2	28,24	29,00	29,00	86,240	28,747
A2B2C1	26,29	26,50	28,45	81,240	27,080
A2B2C2	25,85	25,85	25,85	77,550	25,850
TOTAL	211,750	206,250	205,980	623,980	25,999

Cuadro 17. ADEVA del grado de esterificación

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	23	159,67958				
Tratamientos	7	136,34452	19,47779	13,355**	4,030	2,660
FA (Estado de Madurez)	1	0,23602	0,23602	0,162 ^{NS}	8,530	4,490
FB (Temperatura)	1	0,73500	0,73500	0,504 ^{NS}	8,530	4,490
FC (Tiempo)	1	28,90815	28,90815	19,821**	8,530	4,490
I (AxB)	1	0,88167	0,88167	0,605 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxC)	1	0,25215	0,25215	0,173 ^{NS}	8,530	4,490
I (BxC)	1	103,66727	103,66727	71,081**	8,530	4,490
I (AxBxC)	1	1,66427	1,66427	1,141 ^{NS}	8,530	4,490
ERROR EXP.	16	23,33507	1,45844			

CV= 4,6450%

El análisis de varianza indica que existe alta significación estadística para los tratamientos, factor C (tiempo de extracción), interacción (BxC), factor B (temperatura de extracción), y no significativo para el factor A (estado de madurez), factor B (temperatura de extracción), interacciones (AxB),(AxC), (AxBxC) Esto indica que el factor C (tiempo de extracción) influyen

estadísticamente en el grado de esterificación. Por lo tanto, se realizó Tukey para tratamientos y DMS para factores.

Cuadro 18. Pruebas TUKEY al 5 % para tratamientos de la variable grado de esterificación

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T2 A1B1C2	29,253	a
T6 A2B1C2	28,747	a
T3 A1B2C1	27,230	a
T7 A2B2C1	27,080	a
T8 A2B2C2	25,850	b
T4 A1B2C2	24,537	b
T5 A2B1C1	22,717	c
T1 A1B1C1	22,580	c

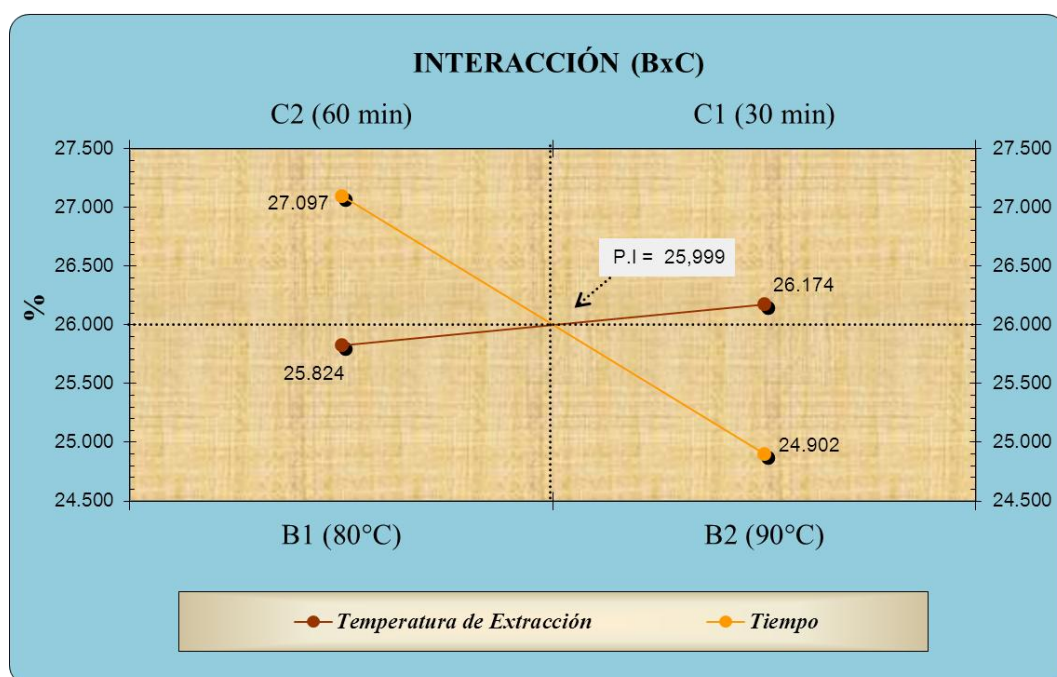
Según muestra Tukey para tratamientos, se observa que existen tres rangos con comportamiento diferente, los tratamientos que ocupan el rango “a” son: T2 (estado de madurez = 6meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción= 60min) cuyo valor es 29,253%, T6 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción= 80°C y tiempo de extracción =60min) cuyo valor es 28,747%, T3 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción 90°Cy tiempo de extracción =30min) cuyo Valor es 27,230% y T7 (estado de madurez =12 meses, temperatura de extracción 90 °C y tiempo de extracción = 30min), cuyo valor 27,080% identificados como los mejores valores de grado de esterificación.

Cuadro 19. Pruebas de significación de DMS para factor C (tiempo de extracción)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C2	27,097	a
C1	24,902	b

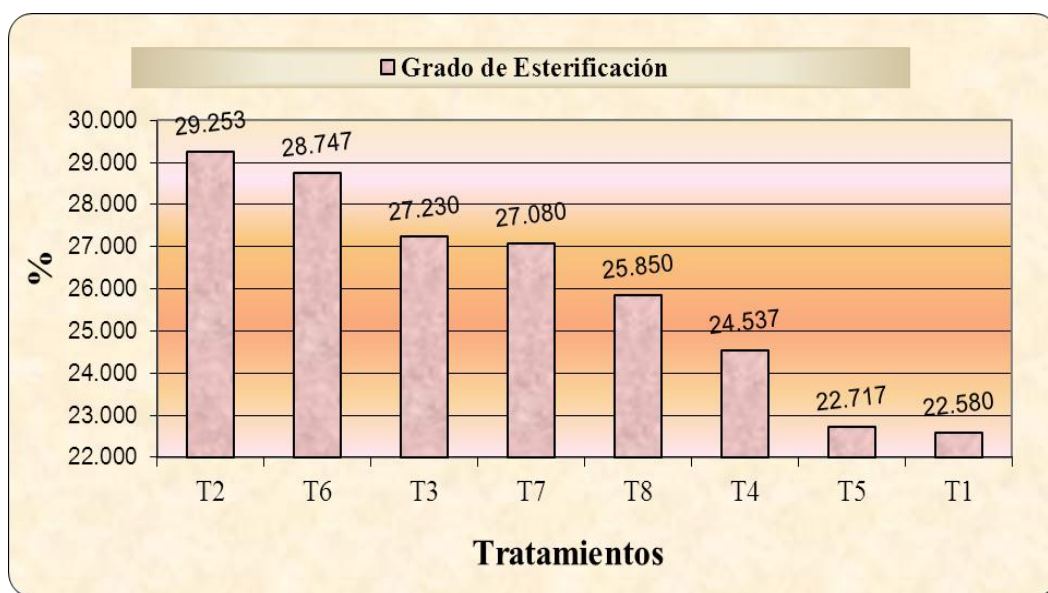
Al realizar la prueba de DMS para el factor C (tiempo de extracción) indica que existen dos rangos, evidencia que el nivel es C2 (tiempo de extracción 60min) posee el rango “a” cuyo valor es de 27,097 considerado el mejor, significa que el tiempo influye directamente con en el grado de esterificación.

Gráfico 6. Efecto de las interacción del grado de esterificación entre temperatura de extracción – tiempo de extracción



La interacción de los factores estudiados indica que la temperatura, es directamente proporcional al grado de esterificación esto quiere decir que a mayor temperatura de extracción mayor será el grado de esterificación. Del mismo caso el tiempo de extracción directamente proporcional al grado de esterificación es decir que existe mejor grado de esterificación cuando mayor sea el tiempo de extracción y con un punto óptimo de intersección de 25,999%.

Gráfico 7. Comportamiento de las medias del grado de esterificación



En el gráfico se indica los valores promedios del grado de esterificación correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio. Identificando como los tres mejores tratamientos los siguientes: T2 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción =60min) cuyo valor es 29,253%, T6 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción =80°C y tiempo de extracción =60min) cuyo valor es 28,747%, T3 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción= 90°Cy tiempo de extracción =30min) cuyo valor es 27,230% y T7 (estado de madurez 12meses, temperatura de extracción = 90° C, tiempo de extracción = 30min) cuyo valor es 27,080%. Según el autor “José Cruz” el grado de esterificación determina el tipo de pectina, es decir entre mayor sea el grado de esterificación mejor será el tipo de pectina obtenida.

4.1.3 Análisis de Sólidos Solubles

Mediante un refractómetro se determinó la variación de sólidos solubles presentes en el producto terminado. Esta variable se evaluó después del proceso de molienda, la misma que permitió determinar los cambios de concentración en los sólidos solubles presentes en la pectina de nopal después de ser sometidos al proceso de extracción.

Cuadro 20. Valores obtenidos de los sólidos solubles (° Brix) al finalizar el proceso de extracción de pectina

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	2,00	2,20	2,20	6,400	2,133
A1B1C2	2,20	2,40	2,30	6,900	2,300
A1B2C1	2,00	2,20	2,20	6,400	2,133
A1B2C2	2,00	1,80	1,80	5,600	1,867
A2B1C1	2,50	2,70	2,70	7,900	2,633
A2B1C2	2,50	2,50	2,30	7,300	2,433
A2B2C1	2,30	2,30	2,10	6,700	2,233
A2B2C2	2,50	2,50	2,50	7,500	2,500
TOTAL	18,000	18,600	18,100	54,700	2,279

Cuadro 21. ADEVA de los sólidos solubles (° Brix)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	23	1,41958				
Tratamientos	7	1,23958	0,17708	15,741**	4,030	2,660
FA (Estado de Madurez)	1	0,70042	0,70042	62,259**	8,530	4,490
FB (Temperatura)	1	0,22042	0,22042	19,593**	8,530	4,490
FC (Tiempo)	1	0,00042	0,00042	0,037 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxB)	1	0,00375	0,00375	0,333 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxC)	1	0,01042	0,01042	0,926 ^{NS}	8,530	4,490
I (BxC)	1	0,00042	0,00042	0,037 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxBxC)	1	0,30375	0,30375	27,000**	8,530	4,490
ERROR EXP.	16	0,18000	0,01125			

CV= 4,6537%

El análisis de varianza indica que existe alta significación estadística para los tratamientos, factor A (estado de madurez), factor B (temperatura de extracción), interacción (AxBxC) y no significativo para el factor C (tiempo de extracción) e interacciones (AxB),(AxC),(BxC), Esto indica que el factor A (estado de madurez) y el factor B (temperatura de extracción) influyen estadísticamente en el valor de los sólidos solubles. Por lo tanto, se realizó Tukey para tratamientos y DMS para factores.

Cuadro 22. Pruebas TUKEY al 5 % para tratamientos de la variable sólidos solubles

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T5 A2B1C1	2,633	a
T8 A2B2C2	2,500	a
T6 A2B1C2	2,433	a
T1 A1B1C1	2,300	b
T7 A2B2C1	2,233	b
T4 A1B2C2	2,133	b
T2 A1B1C2	2,133	b
T3 A1B2C1	1,867	c

Según muestra Tukey para tratamientos, se observa que existen cuatro rangos, los tratamientos que ocupan el rango “a” y que poseen la mejor media se encuentra en el tratamiento T5 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción =30min)cuyo valor es 2,633 ° Brix , T8 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción= 90°C y tiempo de extracción =60min) cuyo valor es 2,500 ° Brix y T6 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción 80°C y tiempo de extracción =60min) cuyo valor es 2,433 ° Brix son los mejores tratamientos.

Cuadro 23. Pruebas de significación de DMS para el factor A (estado de madurez)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	2,450	a
A1	2,108	b

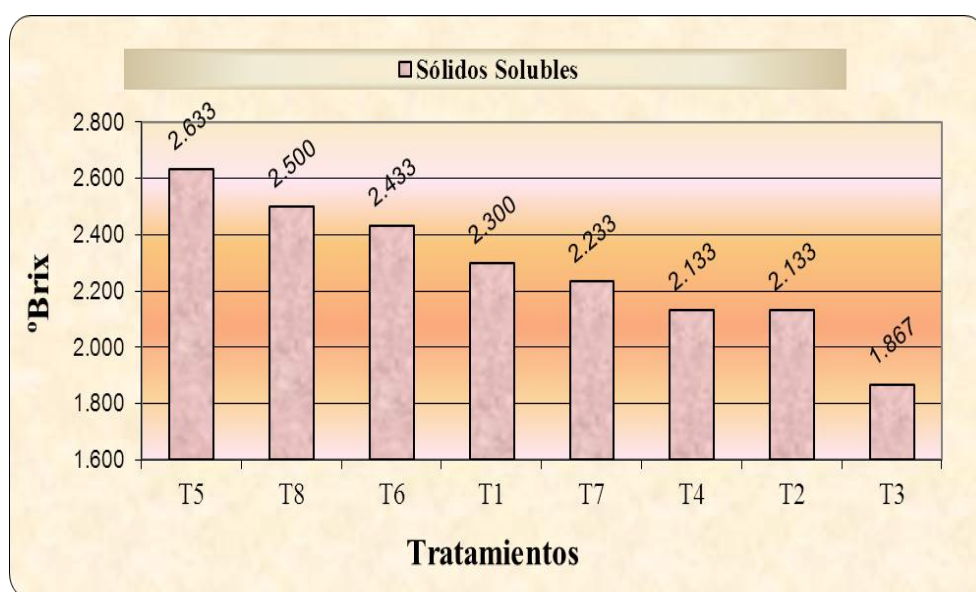
Al realizar la prueba DMS para el factor A (estado de madurez) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel A2 (madurez 12 meses) tiene el rango “a” teniendo un valor alto (2,450 °Brix) demostrando que el estado de madurez influye en el valor del sólidos solubles. Es decir que el mejor contenido de sólidos solubles se encuentra en la madurez doce meses.

Cuadro 24. Pruebas de significación de DMS para el factor B (temperatura de extracción)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
B1	2,375	a
B2	2,183	b

Al realizar la prueba DMS para el factor B (temperatura de extracción) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel B1 (temperatura de extracción 80°C) tiene el rango “a” teniendo un valor alto (2,375 °Brix) indicando que la temperatura influye en el valor de los sólidos solubles.

Gráfico 8. Comportamiento de las medias de sólidos solubles



En el gráfico se indica los valores promedios de los sólidos solubles correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio. Identificando como los

tres mejores tratamientos a los siguientes: T5 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción =30min), cuyo valor es 2,633 ° Brix, T8 (estado de madurez =12meses, temperatura de extracción =90 °C y tiempo de extracción =60min) cuyo valor es 2,500 ° Brix y T6 (estado de madures =12meses, temperatura de extracción= 80 °C y tiempo de extracción =60min) cuyos valor 2,433 °Brix. Según indica la autora “Blanca Velasco” la cantidad de sólidos solubles dependen de la materia prima y del tipo de pectina, el alto contenido de sólidos solubles favorece a la calidad de la pectina obtenida.

4.1.4 Análisis de la Acidez titulable

Se presentan los valores de la acidez titulable para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones al finalizar el proceso de molienda.

Cuadro 25. Valores obtenidos de la Acidez titulable (mg/100g ácido cítrico) al finalizar el proceso de extracción de pectina

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	0,84	0,80	0,80	2,440	0,813
A1B1C2	0,82	0,77	0,81	2,400	0,800
A1B2C1	0,82	0,84	0,84	2,500	0,833
A1B2C2	0,83	0,81	0,81	2,450	0,817
A2B1C1	0,86	0,82	0,86	2,540	0,847
A2B1C2	0,83	0,83	0,81	2,470	0,823
A2B2C1	0,84	0,82	0,82	2,480	0,827
A2B2C2	0,84	0,86	0,84	2,540	0,847
TOTAL	6,680	6,550	6,590	19,820	0,826

Cuadro 26. ADEVA de la Acidez titulable (mg/100g ácido cítrico)

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	23	0,01038				
Tratamientos	7	0,00552	0,00079	2,591 ^{NS}	4,030	2,660
FA (Estado de Madurez)	1	0,00240	0,00240	7,890*	8,530	4,490
FB (Temperatura)	1	0,00060	0,00060	1,973 ^{NS}	8,530	4,490
FC (Tiempo)	1	0,00042	0,00042	1,370 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxB)	1	0,00042	0,00042	1,370 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxC)	1	0,00027	0,00027	0,877 ^{NS}	8,530	4,490
I (BxC)	1	0,00060	0,00060	1,973 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxBxC)	1	0,00082	0,00082	2,685 ^{NS}	8,530	4,490
ERROR EXP.	16	0,00487	0,00030			

CV= 2,1119%

El análisis de varianza indica que existe significación estadística el factor A (estado de madurez) y no significativo para los tratamientos, factor B (temperatura de extracción), factor C (tiempo de extracción) y las interacciones (AxB), (AxC) (BxC) , (AxBxC) .Esto indica que el factor A (estado de madurez), influye estadísticamente en el valor del acidez de la pectina obtenida. Por lo tanto se realizó DMS para factor A.

Cuadro 27. Pruebas de significación de DMS para el factor A (Estado de madurez)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A2	0,836	a
A1	0,816	b

Al realizar la prueba DMS para el factor A (estado de madurez) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel A2 (madurez 12 meses) tiene el rango “a” teniendo un valor alto de 0,836 (mg/100g ácido cítrico). Esto indica que el estado de madurez influye en el valor de la acidez, es decir que la madurez de 12 meses posee la mayor cantidad de ácidos que favorece a la calidad de la pectina. **4.1.5 Análisis de la viscosidad**

Mediante un viscosímetro se determinó la viscosidad de la pectina líquida. Esta variable se evaluó antes del proceso de concentración, la misma que permitió determinar los cambios de consistencia de la pectina después de haber aplicado los factores en estudio.

Cuadro 28. Valores obtenidos de la viscosidad (poises) antes del proceso de concentración

TRAT/REPT.	I	II	III	SUMA	MEDIA
A1B1C1	3,502	3,505	3,505	10,512	3,504
A1B1C2	3,477	3,477	3,477	10,431	3,477
A1B2C1	3,407	3,407	3,431	10,244	3,415
A1B2C2	3,243	3,243	3,243	9,729	3,243
A2B1C1	2,860	3,079	3,088	9,028	3,009
A2B1C2	2,681	2,681	2,681	8,044	2,681
A2B2C1	2,845	3,146	3,079	9,070	3,023
A2B2C2	2,699	2,778	2,903	8,380	2,793
TOTAL	24,714	25,317	25,409	75,439	3,143

Cuadro 29. ADEVA de variable de la viscosidad

F.V.	G.L.	S.C	C.M	F. Cal.	F.T 1%	F. 5%
Total	23	2,18535				
Tratamientos	7	2,08050	0,29721	45,353 **	4,030	2,660
FA (Estado de Madurez)	1	1,70412	1,70412	260,038 **	8,530	4,490
FB (Temperatura)	1	0,01452	0,01452	2,216 ^{NS}	8,530	4,490
FC (Tiempo)	1	0,21468	0,21468	32,759 **	8,530	4,490
I (AxB)	1	0,07581	0,07581	11,568 **	8,530	4,490
I (AxC)	1	0,04845	0,04845	7,394 *	8,530	4,490
I (BxC)	1	0,00082	0,00082	0,126 ^{NS}	8,530	4,490
I (AxBxC)	1	0,02209	0,02209	3,371 ^{NS}	8,530	4,490
ERROR EXP.	16	0,10485	0,00655			

$$CV = 2,5754\%$$

El análisis de varianza indica que existe alta significación estadística para los tratamientos, factor A (estado de madurez), factor C (tiempo de extracción) las

interacciones (AxB), significativo para la interacción (AxC) y no significativo para el factor B (temperatura de extracción) e interacciones (BxC) , (AxBxC). Esto indica que el factor A (estado de madurez) y el factor C (tiempo de extracción) influyen estadísticamente en el valor de la viscosidad. Por lo tanto, se realizó Tukey para tratamientos y DMS para factores

Cuadro 30. Pruebas TUKEY al 5 % para tratamientos de la variable viscosidad

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS
T1 A1B1C1	3,504	a
T2 A1B1C2	3,477	a
T3 A1B2C1	3,415	a
T4 A1B2C2	3,243	b
T7 A2B2C1	3,023	c
T5 A2B1C1	3,009	c
T8 A2B2C2	2,793	d
T6 A2B1C2	2,681	d

Según muestra Tukey para tratamientos, se observa que existen cuatro rangos, los tratamientos que ocupan el rango “a” son el tratamiento T1, T2, T3, y que estadísticamente son iguales. La mejor media se encuentra en el tratamiento T1 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción =30min), T2 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción= 80°C y tiempo de extracción =60min) y T3 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción= 90°Cy tiempo de extracción =30min) cuyos valores de viscosidad son 3,504, 3,477, 3,415 poises respectivamente son los mejores tratamientos. Demuestra que estos tratamientos poseen valores altos de viscosidad es decir una buena consistencia de la pectina líquida.

Cuadro 31. Pruebas de significación de DMS para el factor A (estado de madurez)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
A1	3,410	a
A2	2,877	b

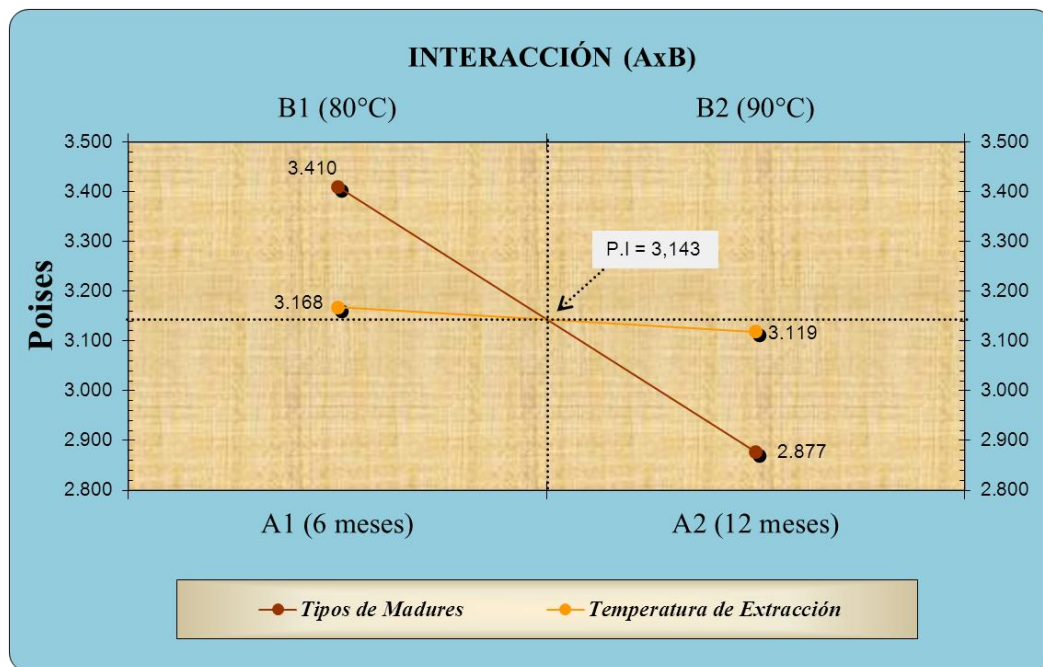
Al realizar la prueba DMS para el factor A (estado de madurez) se aprecia dos rangos diferentes. Evidenciando que el nivel A1 (madurez 6 meses) tiene el rango “a” teniendo un valor alto (3,410 poises) demostrando que el estado de madurez influye en el valor de la viscosidad por ende mejor consistencia de la pectina.

Cuadro 32. Pruebas de significación de DMS para factor C (tiempo de extracción)

FACTORES	MEDIAS	RANGOS
C1	3,238	a
C2	3,049	b

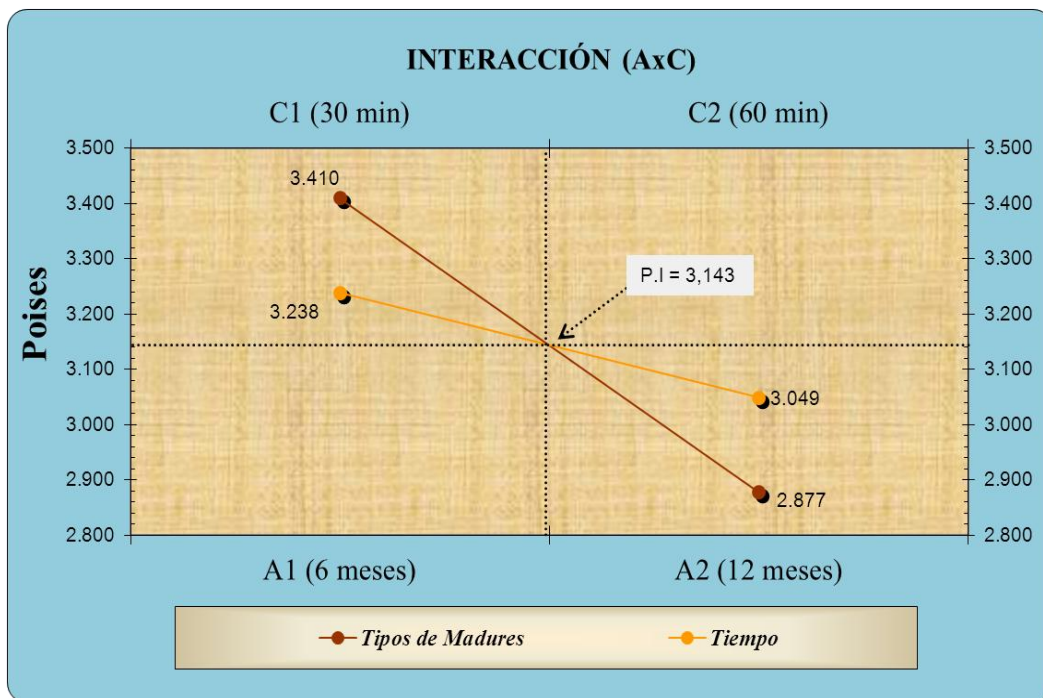
Al realizar la prueba de DMS para el factor C (tiempo de extracción) indica que existen dos rangos, evidencia que el nivel es C1 (tiempo de extracción 30min) posee el rango “a” cuyo valor es de 3,238 poises considerado el mejor, significa que el tiempo influye directamente con el valor de la viscosidad.

Gráfico 9. Efecto de la interacción de la viscosidad entre estado de madurez – temperatura de extracción



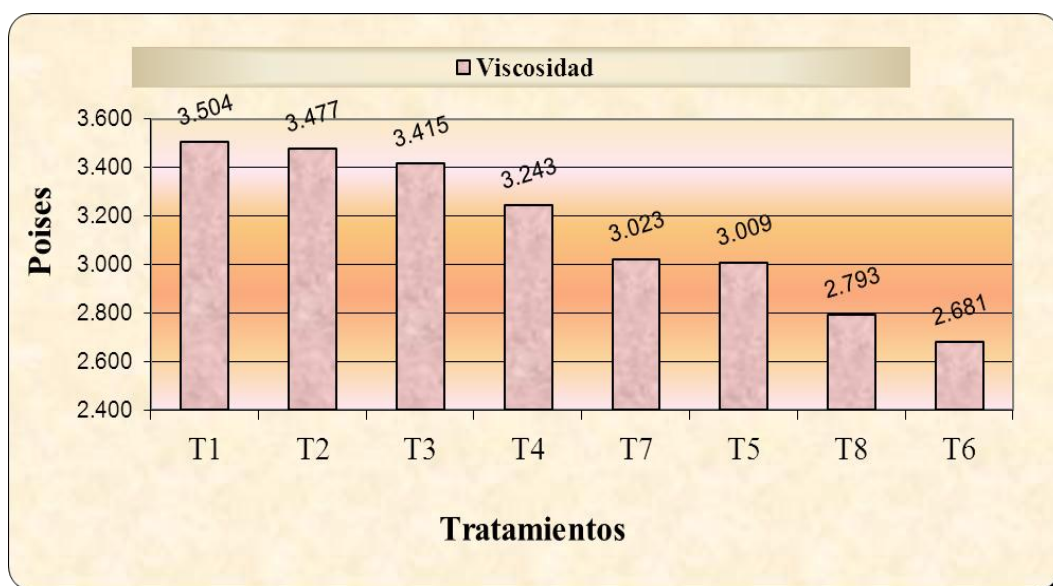
La interacción de los factores estudiados indica que el estado de madurez, es inversamente proporcional a la viscosidad esto quiere decir que a menor estado de madurez mayor será viscosidad por ende mejor la consistencia de la pectina líquida. Del mismo modo la temperatura de extracción es directamente proporcional a la viscosidad es decir cuando más bajo sea el temperatura de extracción el valor de la viscosidad será más bajo y con un punto óptimo de intersección de 3,143 poises.

Gráfico 10. Efecto de las interacción de la viscosidad entre estado de madurez – tiempo de extracción



La interacción de los factores estudiados indica que el estado de madurez, es inversamente proporcional a la viscosidad esto quiere decir que a menor estado de madurez mayor será la viscosidad. Del mismo modo el tiempo de extracción es inversamente proporcional a la viscosidad es decir que existe un valor alto de la viscosidad cuando más bajo sea el tiempo de extracción y por ende una mejor consistencia de la pectina líquida y con un punto óptimo de intersección de 3,143 poises.

Gráfico 11. Comportamiento de medias para la viscosidad



En el gráfico se indica los valores promedios de la viscosidad correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio. Identificando como los mejores tratamientos: T1 (estado de madurez =6 meses, temperatura de extracción =80 °C y un tiempo= 30min), cuyo valor 3,504 poises, T2 (estado de madurez = 6meses, temperatura de extracción = 80°C y tiempo de extracción = 60min), cuyo valor es de 3,477 poises, T3 (estado de madurez =6meses, temperatura de extracción 90°Cy tiempo de extracción =30min), cuyo valor es de 3,415 poises. La pectina es una sustancia que nos permite la formación de geles por esta razón la viscosidad debe ser alta. En los tratamientos T1, T2, T3 la consistencia de la pectina líquida es mayor. Según afirma “Clerque, M y Gudiño, S”. Que los tiempos prolongados a temperaturas elevadas afectan a la viscosidad de la solución.

4.2 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO

El análisis sensorial se realizó para evaluar las características organolépticas del producto (pectina de nopal) las características fueron (olor, color, textura) para ello se realizó un panel conformado por diez panelistas.

La ficha de análisis sensorial se detalla en el anexo 1, donde se detallan las características evaluadas en el producto final para cada uno de los catadores.

$$X^2 = \frac{12}{rt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Donde:

X^2 = Chi Cuadrado

r = Numero de degustadores

t = Tratamientos

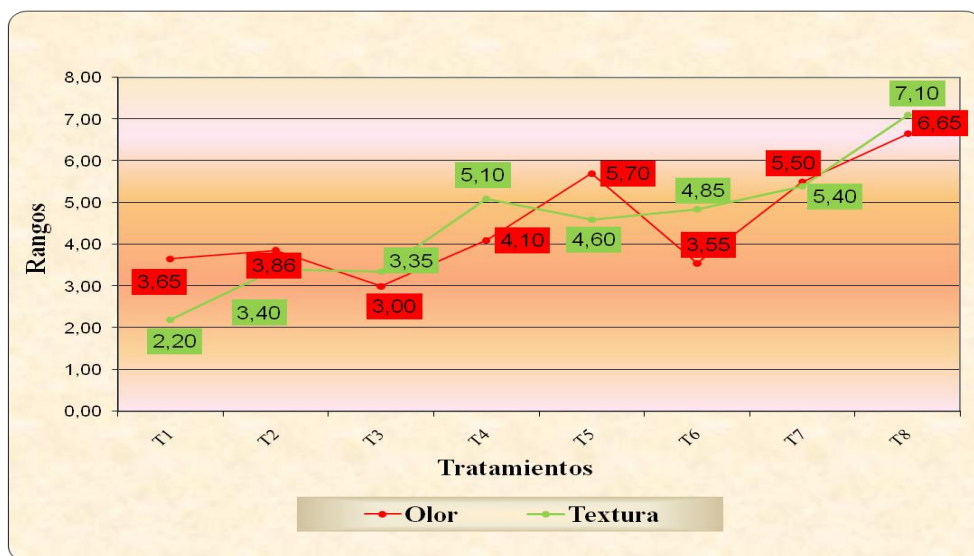
$\sum R^2$ = Sumatoria de los rangos al cuadrado

Cuadro 33. Pruebas de significación de las variables cualitativas

VARIABLE	VALOR CALCULADO X^2	VALOR TABULAR X^2	
		5%	1%
COLOR	10,86 ^{NS}	14,1	18,5
OLOR	19,28**	14,1	18,5
TEXTURA	26,48**	14,1	18,5

Luego de establecer los rangos del puntaje otorgado por diez panelistas para ocho tratamientos, se observó que existe una alta significación estadística para el olor y la textura y no significativo para el color, lo cual indica que estadísticamente existe una aceptabilidad variada por cada panelista

Gráfico 12. Curvas para las variables no para métricas Olor, Textura



El gráfico indica que todos los tratamientos son iguales considerando como los mejores T7 (estado de madurez =12 meses, temperatura de extracción 90 °C y tiempo de extracción = 30min) T8 (madurez= 12meses, temperatura de extracción= 90° C, Tiempo de extracción= 60min) lo que manifiesta que tuvieron mayor aceptabilidad.

4.3 CARACTERIZACIÓN DE LA PENCA DE NOPAL

Con el objetivo de conocer la composición química de la materia prima se realizó la caracterización de la misma. Se realizó en los laboratorios de uso múltiple de la Universidad Técnica del Norte. Ver anexo 4

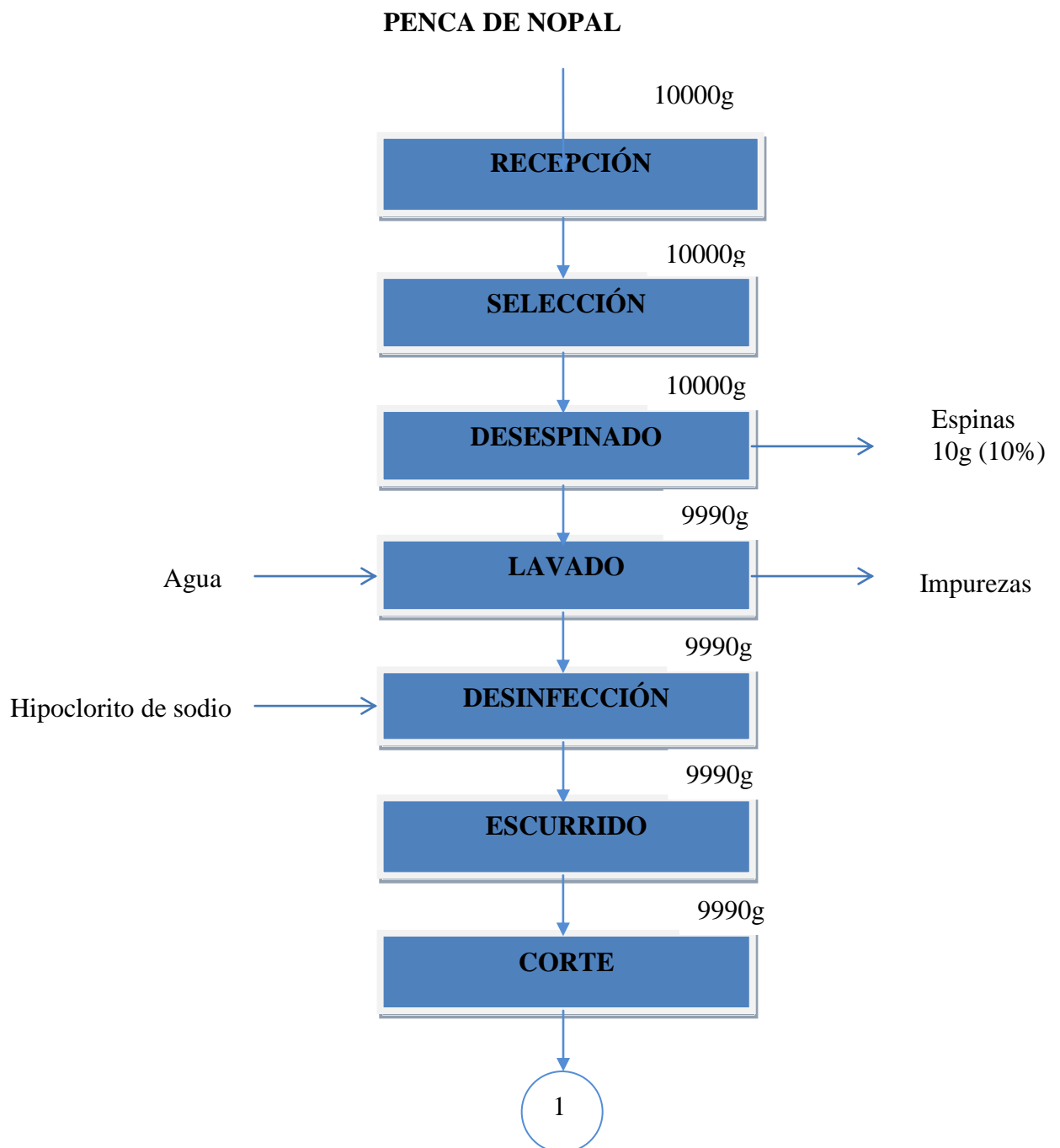
4.4 ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LA PECTINA OBTENIDA

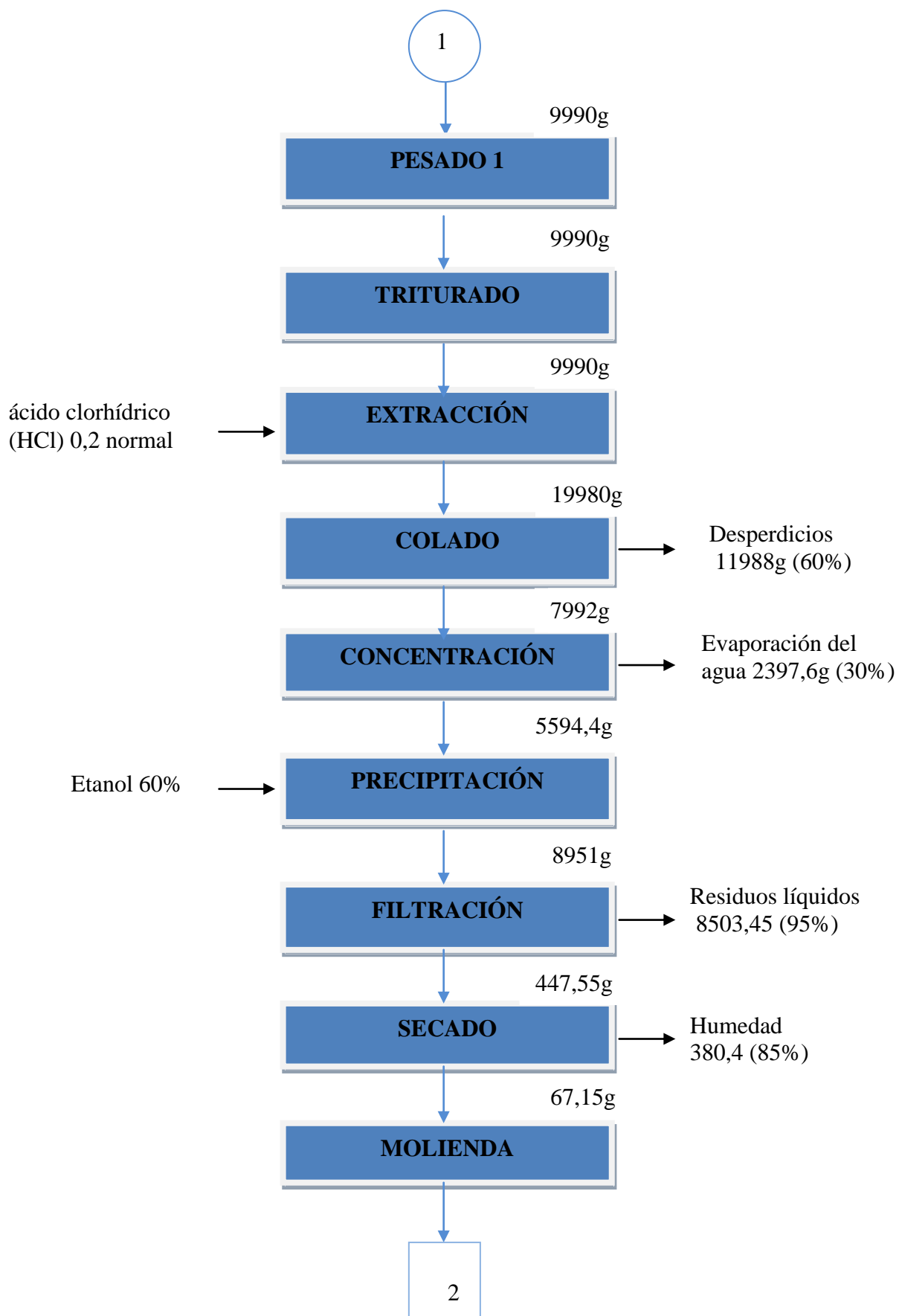
Con el objetivo de conocer la composición química del producto final se realizó el análisis de; humedad, pH, cenizas, fibra, potasio. Estos se evaluaron únicamente al mejor tratamiento T5 (madurez = 12 meses, temperatura de extracción= 80° C, tiempo de extracción= 30min).

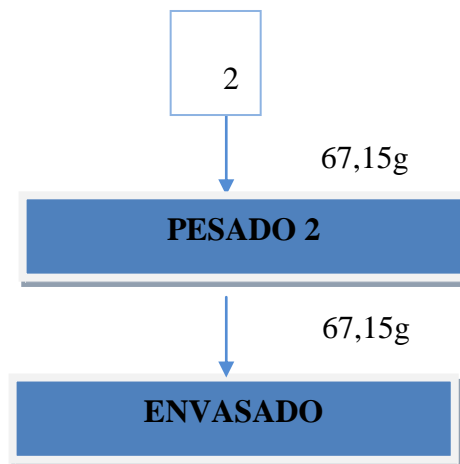
4.5 BALANCE DE MATERIALES

Cabe señalar que el balance de materiales se realizó con el objetivo de determinar las pérdidas durante el proceso y la cantidad de pectina obtenida al final del mismo.

4.5.1 Diagrama de bloques de proceso de extracción de pectina de nopal







RENDIMIENTO:

$$R = \frac{\text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$R = \frac{67,15 \text{ g}}{10000 \text{ g}} \times 100$$

$$R = 0,6715\%$$

Luego de haber realizado el respectivo balance de materiales se deduce que, por cada 10000g de Nopal se obtiene alrededor de 67,15g de pectina en polvo equivalente a un porcentaje del 0.6715% de rendimiento.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Podemos concluir que los tres factores; madurez, temperatura extracción y tiempo de extracción influye significativamente en el rendimiento de la pectina obtenida. Esto significa que a mayor estado de madurez mejor contenido de pectina y por ende mayor rendimiento. Por el contrario entre menor temperatura y menor tiempo de extracción mayor será su rendimiento.
- Con respecto a los factores tiempo y madurez podemos concluir que influyen significativamente en la viscosidad, esto significa que la mejor consistencia de la pectina líquida se obtiene del estado maduro de 6 meses y aun tiempo mínimo de extracción los valores de la viscosidad son mayores y favorecen a la estabilidad de la pectina.
- Podemos concluir que los mejores valores de grado de esterificación se obtiene de los tratamientos: T2 (estado de madurez = 6 meses, temperatura de extracción= 80 ° C y tiempo extracción= 60min) cuyo valor es 29,25 %, T3 (estado de madurez =6 meses, temperatura de extracción 90°C y tiempo de extracción =30min) cuyo valor es de 28,74 %, y que pertenece a un tipo de pectina de bajo metoxilo por ser de un grado de esterificación inferior al 50%.

- Los parámetros de grado de esterificación, sólidos solubles y acidez titulable tiene una relación directa con la calidad de la pectina obtenida. Es decir que entre mayor sea el valor de grado de esterificación, sólidos solubles y acidez titulable mejor será la calidad de la pectina.
- Con respecto a los factores en estudio, se concluye que para obtener un buen rendimiento y una buena calidad de la pectina de nopal la madurez óptima es de 12 meses a una temperatura de 80 ° C , tiempo de extracción de 30 minutos.
- En el análisis sensorial podemos observar que la variable de color no presenta ninguna diferencia en cada tratamiento según el criterio de cada panelista.c
- En la variable de olor y textura existe una aceptación variada por los panelistas, pero los tratamientos mayormente aceptados son T7 (estado de madurez =12 meses, temperatura de extracción 90 °C y tiempo de extracción = 30min) T8 (madurez= 12meses, temperatura de extracción= 90° C, Tiempo de extracción= 60min), que tuvieron la mayor aceptabilidad.
- Una vez realizada la caracterización de la materia prima en sus propiedades químicas podemos concluir que el contenido acuoso de las hojas de nopal inciden en el rendimiento debido a que poseen un bajo contenido de sólidos y un alto contenido de humedad cerca del 90 por ciento.
- En relación a la fibra contenida en el mejor tratamiento observamos que aumenta considerablemente su porcentaje esto favorece al valor nutricional y la calidad de la pectina.

- Una vez terminada las pruebas físicas de identificación de la pectina obtenida podemos concluir que todas tuvieron como resultado un valor positivo que identifica a la sustancia como pectina.
- Finalmente se confirmó la hipótesis planteada es decir, que la temperatura, estado de madurez y tiempo de extracción influyen significativamente en la calidad de pectina obtenida.

5.2 RECOMENDACIONES

Entre las recomendaciones planteadas durante esta investigación son las siguientes:

- Se recomienda que la medición del pH no se realice al inicio del proceso sino después del corte y triturado, debido a que el nopal tiende a oxidarse y alterar el valor del pH que afectaría a la fase de hidrólisis.
- El ajuste de pH al valor de 2 se debe realizar lo más preciso posible por cuanto se derivan de esta los factores en estudio en especial la temperatura y el tiempo de extracción.
- Se recomienda investigar sobre otro método de extracción de pectina y comparar el rendimiento con el método aplicado en esta investigación.
- Se recomienda que se realice al menos 2 veces el proceso de filtrado para obtener un buen rendimiento y reducir las pérdidas. Para optimizar este proceso es necesario que se caliente la solución y se adicione nuevamente etanol con el fin de que se separe la pectina restante.
- Debido que la composición química del nopal difiere de una variedad a otra se hace necesario realizar una caracterización de la materia prima para obtener datos reales para la investigación.

CAPÍTULO VI

6 RESUMEN Y SUMMARY

6.1 RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo de extraer la pectina de nopal y aprovechar de mejor manera la materia prima existente en las diversas comunidades como el Valle del Chota y obtener un producto de buena calidad.

El proceso de extracción de pectina se lo realizó en los laboratorios de extractos de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial, la materia prima se obtuvo de la localidad de Chalguyacu y otros sectores de la provincia de Imbabura, los análisis correspondientes se lo realizó en los laboratorios de uso múltiple de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales en la Universidad Técnica del Norte.

La extracción de la pectina a partir del nopal, fue realizada con el método hidrólisis con ácido Clorhídrico a un pH 2 – 3, aplicando tres factores con dos niveles. Madurez; tierno (6 meses) y maduro (12 meses), temperatura 80- 90° C, y tiempo de extracción;

30 – 60 min. En la fase experimental para la extracción de pectina se uso un arreglo factorial $A \times B \times C$ donde el factor A corresponde al estado de madurez, factor B temperatura de extracción y factor C tiempo de extracción.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento en porcentaje, grado de esterificación, sólidos solubles, acidez libre expresado en ácidos cítricos medidos en el producto en polvo y la viscosidad evaluada en la pectina líquida después del proceso de concentración.

Las características del experimento fueron tres repeticiones ocho tratamientos y 24 de unidad experimental conformadas por 10 Kg de nopal en fresco. Para el análisis sensorial se empleó la prueba de Friedman.

Se evaluaron los resultados obtenidos y se determinó que el mejor rendimiento grado de esterificación y buenas características se obtiene del estado de maduro (12 meses) a temperaturas bajas y tiempos mínimos de extracción.

6.2 SUMMARY

The present investigation had the objective of to extract the nopal pectin and to take advantage in a better way the existent raw material in the diverse communities like the Valle del Chota and to obtain a product of good quality.

The process of pectin extraction was carried out it in the laboratories of extracts of the School of Agroindustrial Engineering, the raw material was obtained of the town of Chalguyacu and other sectors of the county of Imbabura, the corresponding analyses were carried out it in the laboratories of multiple use of the Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales en la Universidad Técnica del Norte.

The extraction of the pectin starting from the nopal, it was carried out with the method hydrolysis with hydrochloric acid to a pH 2-3, applying three factors with two levels. Maturity; tender (6 months) and I mature (12meses), temperature 80 - 90° C, and time of extraction;

30-60 min. In the experimental phase for the pectin extraction you use a factorial arrangement $A \times B \times C$ where the factor TO it corresponds to the state of maturity, factor B extraction temperature and factor C time of extraction.

The valued variables were: yield in percentage, esterification grade, soluble solids, free acidity expressed in citric acids measured in the powdered product and the viscosity evaluated in the liquid pectin after the concentration process.

The characteristics of the experiment were three repetitions eight treatments and 24 of experimental unit conformed by 10 Kg of nopal in fresh. For the sensorial analysis the test of Friedman was used.

The obtained results were evaluated and it was determined that the best yield esterification grade and good characteristic it is obtained of the state of mature (12 months) at low temperatures and minimum times of extraction.

CAPÍTULO VII

7. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

7.1 BIBLIOGRAFÍA

- BARBERA, G (1999). Historia e importancia económica y agroecológica, eds. Agroecología, cultivo y usos del Nopal. Estudio FAO Producción y protección vegetal.
- BOBICH, M (2002). Taxonomía de las Opuntias utilizadas Agroecología, cultivo y usos del nopal. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal N° 132 Roma.
- HIGUERA, I (2004). Mercado mundial de la tuna. Apoyo y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA).
- OCHOA, J (2003). Monografía del nopal tunero. Editorial CONTINENTAL S.A. México.
- BRAVERMAN, J (1980). Introducción a la Bioquímica de los Alimentos
- CHARLEY, H (1997) Tecnología de Alimentos: Procesos Químicos y Físicos en la preparación de alimentos.
- BERK, Z (1990). Introducción a la Bioquímica de los Alimentos.

- (KIRK Y OTHMER, (1962).Análisis de los Alimentos.
- HARPER, H (1992) .Bioquímica de Hamper.
- RODRIGUEZ, H. (2009) Cultivo Orgánico del Nopal.
- MELYAREJO, M (1997). Tratado de Fruticultura para zonas áridas y semiáridas.
- BRADDOCK (1976) .Bioquímica general.
- ARAVANTINOS (1992) .Bioquímica Agroindustrial.
- HAMPER, H- ROBERT, K (2004). Bioquímica ilustrada.
- GRANADOS, D- CASTAÑEDA, A (1991). Bioquímica de los alimentos.
- ATALAH, K- PAK, N (1997) .Análisis de los Alimentos.

7.2 PÁGINAS EN INTERNET

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://www.monografias.com/trabajos59/obtencion-pectina/obtencion-pectina2.shtml> [Consulta : 2010, Febrero 22]

[Documento en línea]. Disponible en:

- http://www.euroresidentes.com/Alimentos/diccionario_gastronomico/pectina.htm [Consulta : 2010, Febrero 24]

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P572.566CDG283/capitulo3.pdf> [Consulta : 2010, Febrero 27]

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://milksci.unizar.es/bioquimic/temas/azucares/pectinas.html> [Consulta : 2010, Marzo 1]

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://nopalitoslajoya.com/page9.html> [Consulta : 2010, Marzo 10]

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://www.alimentacion-sana.com.ar/informaciones/novedades/nopal.htm> [Consulta : 2010, Marzo 15]

[Documento en línea]. Disponible en:

- http://www.giga.com/~mag/Tratado_Nopal.htm [Consulta : 2010, Marzo 20]

[Documento en línea]. Disponible en:

- <http://www.lalinaza.com/propiedades-del-nopal.htm> [Consulta : 2010, Marzo 20]

[Documento en línea]. Disponible en

- <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obmerm/p3.htm> [Consulta : 2010, Abril 5]

[Documento en línea]. Disponible en

- <http://www.monografias.com/trabajos/alimentos/alimentos.shtml> [Consulta : 2010, Abril 15]

[Documento en línea]. Disponible en

- <http://usuarios.multimania.es/vicobos/nutricion/quimica3.html> [Consulta : 2011, marzo 10]

[Documento en línea]. Disponible en

- <http://hosting.udlap.mx/profesores/miguela.mendez/alephzero/archivo/historico/az32/art1.htm>

[Consulta : 2011, marzo 25]

7.2 ANEXOS

ANEXO 1

GUIA INSTRUCTIVA PARA EVALUAR LA PECTINA DE NOPAL

INTRUCCIONES: Lea y analice detenidamente cada una de las características organolépticas de la pectina obtenida, descritas a continuación, para realizar la degustación de las mismas.

Características Organolépticas

Coloque una X en la opción que usted considere, de acuerdo a las características organolépticas que se especifican a continuación:

Color.- La pectina debe tener un color blanquecino, el color verde se debe al pigmento característico del nopal.

Olor.- La pectina de nopal debe presentar un olor neutral, herbáceo debido a las características propias del nopal.

Textura.- Al ser un producto en polvo la textura debe ser fina y homogénea, el tamaño de la partícula es un factor importante ya que de esta depende la dispersibilidad de la pectina.

Cuadro 34. Hoja para la evaluación sensorial para la pectina en polvo

1.- COLOR

ALTERNATIVAS	MUESTRAS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Muy agradable								
Agradable								
Poco agradable								
Desagradable								

2.- OLOR

ALTERNATIVAS	MUESTRAS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Muy agradable								
Agradable								
Poco agradable								
Desagradable								

3.- TEXTURA

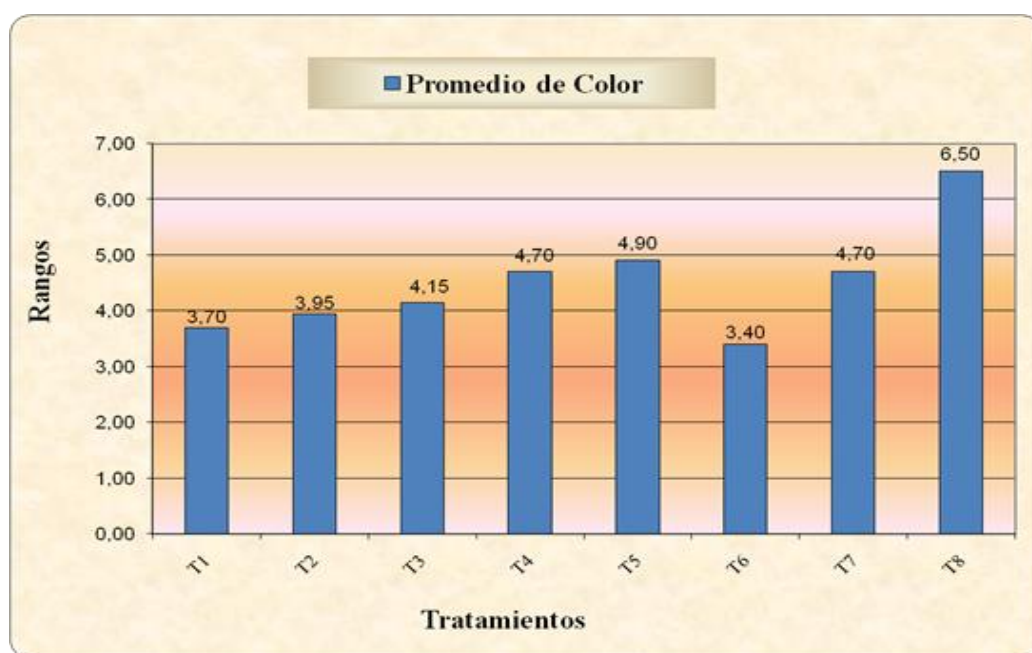
ALTERNATIVAS	MUESTRAS							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Grueso								
Semi grueso								
Fino								
Muy fino								

ANEXO 2

Cuadro 35. Rangos para el color para la pectina en polvo, obtenidos de todos los tratamientos

CATADOR	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	3,00	3,00	3,00	7,00	7,00	7,00	3,00	3,00	36,00
2	6,00	6,00	2,50	6,00	2,50	2,50	2,50	8,00	36,00
3	8,00	6,00	6,00	2,50	6,00	2,50	2,50	2,50	36,00
4	2,50	6,50	6,50	2,50	2,50	2,50	6,50	6,50	36,00
5	5,00	1,50	5,00	5,00	5,00	1,50	5,00	8,00	36,00
6	3,00	6,00	3,00	6,00	3,00	1,00	8,00	6,00	36,00
7	1,50	1,50	4,00	4,00	4,00	6,50	6,50	8,00	36,00
8	2,00	5,50	5,50	5,50	5,50	2,00	2,00	8,00	36,00
9	2,00	2,00	4,50	2,00	7,00	4,50	7,00	7,00	36,00
10	4,00	1,50	1,50	6,50	6,50	4,00	4,00	8,00	36,00
ΣX	37,00	39,50	41,50	47,00	49,00	34,00	47,00	65,00	360,00
ΣX^2	1369,00	1560,25	1722,25	2209,00	2401,00	1156,00	2209,00	4225,00	129600,00
\bar{X}	3,70	3,95	4,15	4,70	4,90	3,40	4,70	6,50	3,00

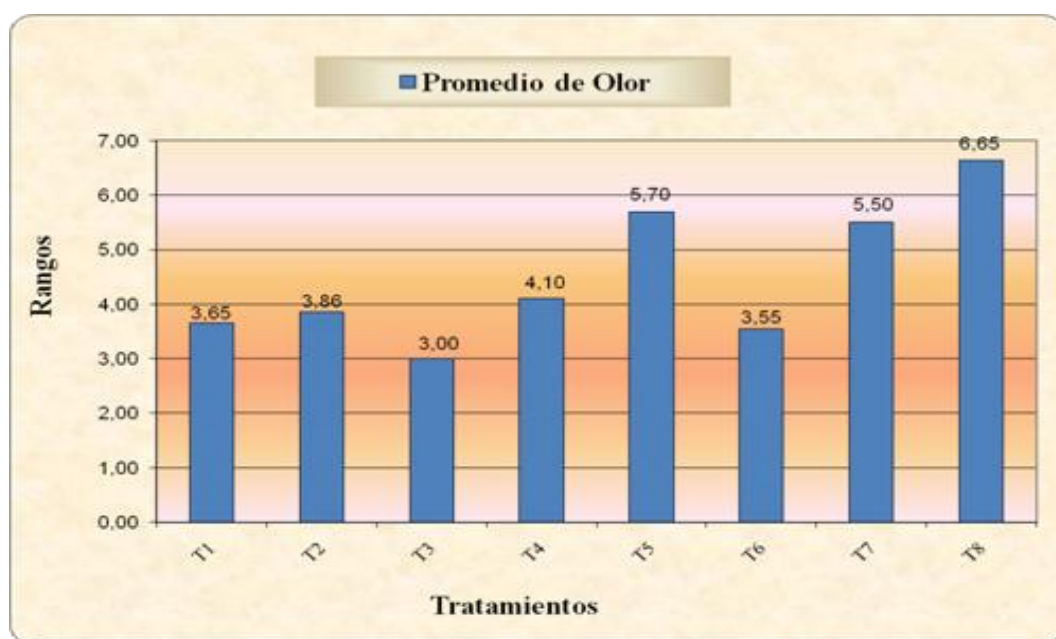
Gráfico 13. Promedio de color de la pectina en polvo



Cuadro 36. Rangos para el olor para la pectina en polvo, obtenidos de todos los Tratamientos.

CATADOR	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	5,00	5,00	2,00	7,50	7,50	2,00	5,00	2,00	36,00
2	6,50	6,50	2,50	2,50	2,50	6,50	2,50	6,50	36,00
3	5,00	5,00	1,50	1,50	8,00	5,00	5,00	5,00	36,00
4	1,00	3,00	3,00	3,00	6,50	6,50	6,50	6,50	36,00
5	3,00	3,00	6,00	3,00	6,00	1,00	6,00	8,00	36,00
6	1,50	1,50	3,50	3,50	6,00	6,00	6,00	8,00	36,00
7	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	7,50	7,50	36,00
8	5,00	2,00	2,00	5,00	5,00	2,00	7,50	7,50	36,00
9	1,50	4,56	4,50	7,00	4,50	1,50	4,50	8,00	36,06
10	4,50	4,50	1,50	4,50	7,50	1,50	4,50	7,50	36,00
ΣX	36,50	38,56	30,00	41,00	57,00	35,50	55,00	66,50	360,06
ΣX^2	1332,25	1486,87	900,00	1681,00	3249,00	1260,25	3025,00	4422,25	129643,20
\bar{X}	3,65	3,86	3,00	4,10	5,70	3,55	5,50	6,65	3,00

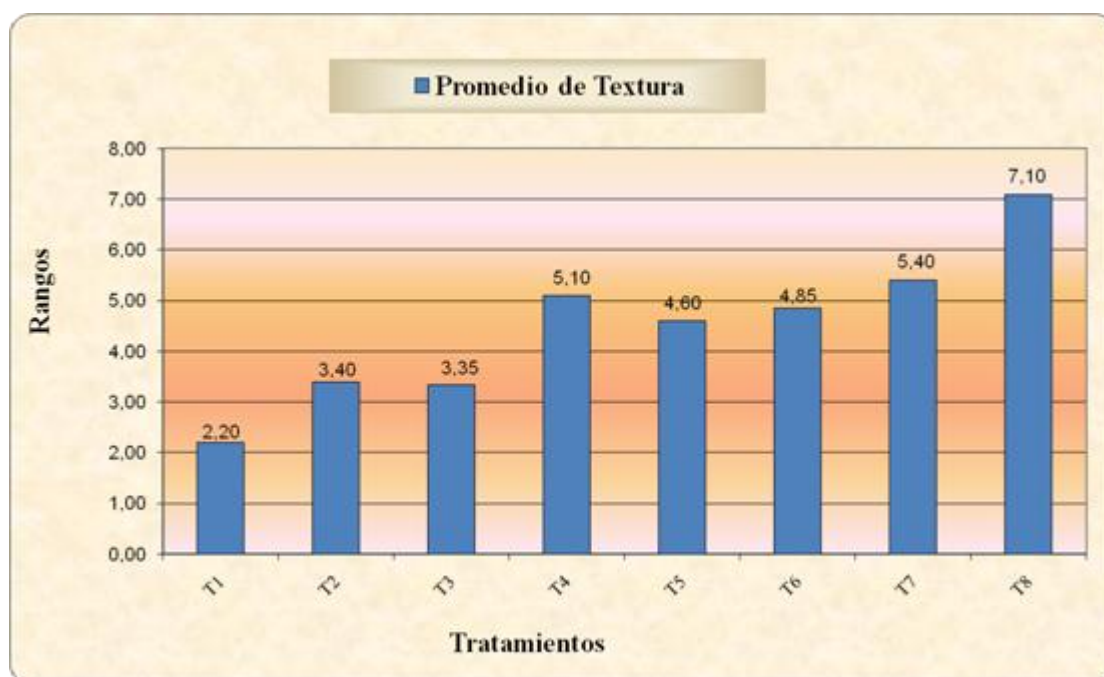
Gráfico 14. Promedio de olor de la pectina en polvo



Cuadro 37. Rangos de textura para la pectina en polvo, obtenidos de todos los Tratamientos.

CATADOR	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	SUMA
1	1,00	5,50	2,50	8,00	5,50	5,50	2,50	5,50	36,00
2	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	36,00
3	2,00	2,00	5,50	5,50	5,50	2,00	5,50	8,00	36,00
4	1,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	8,00	36,00
5	6,00	2,50	2,50	6,00	6,00	2,50	2,50	8,00	36,00
6	1,50	1,50	4,00	7,00	4,00	4,00	7,00	7,00	36,00
7	1,50	4,50	1,50	4,50	4,50	4,50	7,50	7,50	36,00
8	4,50	2,00	2,00	4,50	2,00	7,00	7,00	7,00	36,00
9	1,50	1,50	4,00	4,00	4,00	6,00	7,50	7,50	36,00
10	2,00	5,00	2,00	2,00	5,00	7,50	5,00	7,50	36,00
ΣX	22,00	34,00	33,50	51,00	46,00	48,50	54,00	71,00	360,00
ΣX^2	484,00	1156,00	1122,25	2601,00	2116,00	2352,25	2916,00	5041,00	129600,00
\bar{X}	2,20	3,40	3,35	5,10	4,60	4,85	5,40	7,10	3,00

Gráfico 15. Promedio de la textura de la pectina en polvo



ANEXO 3

CUADRO DE IDENTIFICACIÓN DE LA PECTINA DE NOPAL

PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN	PECTINA COMERCIAL	OBTENIDA
Precipitación en alcohol	+	+
Gelificación de agua caliente	+	+
Solubilidad en agua caliente	+	+
Solubilidad en alcohol	-	-

ANEXO 4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 53 -2011

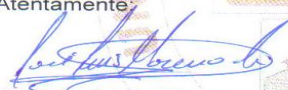
Ibarra, 06 de mayo de 2011

Análisis solicitado por: Sr. Mario Méndez
Número de muestras : Dos, hojas de nopal
Fecha de recepción de las muestras: 26 de abril de 2011

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado		Metodología Utilizada
		Tierna	Madura	
Contenido Acuoso	%	88,36	85,2	AOAC 925.10
Cenizas	%	0,28	0,37	AOAC 923.03
Proteína (N x 6,25)	%	0,64	0,82	AOAC 920.87
Fibra	%	5,1	2,75	AOAC 985.29
Extracto etéreo	%	0,32	0,5	AOAC 920.85

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para las muestras analizadas.

Atentamente:


Bioq. José Luis Moreno
ANALISTA



Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo
Teléfono: (06) 2 953-461 Casilla: 199
(06) 2 609-420 2 640 - 811 Fax: Ext:1011
E-mail: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
Laboratorio de Uso Múltiple

Informe N°: 52 -2011 Ibarra, 06 de mayo de 2011
Análisis solicitado por: Sr. Mario Méndez
Número de muestras : Una, pectina de nopal en polvo
Fecha de recepción de las muestras: 26 de abril de 2011

PARAMETROS DETERMINADOS	UNIDAD	Resultados	Metodología Utilizada
		T5R1	
Humedad	%	16,38	AOAC 925.10
pH (sol. 50%)	-----	5,1	AOAC 943.02
Cenizas	%	20,41	AOAC 923.03
Fibra	%	22,35	AOAC 985.29
Potasio	mg/100 g	0,816	AOAC 956.01

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para las muestras analizadas.

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
ANALISTA



Misión Institucional

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

Ciudadela Universitaria barrio El Olivo
Teléfono: (06) 2 953-461 Castilla 199
(06) 2 609-420 2 640-811 Fax: Ext:1011
E-mail: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec

GLOSARIO

Hidrocoloides.- Los hidrocoloides son moléculas muy grandes (macromoléculas) que tienen una gran afinidad por el agua donde se disuelven en mayor o menor medida y modifican su reología.

Cladiolos.- Se denomina cladiolos a las hojas del nopal de donde proviene la tuna.

Mucilago.- El mucílago es una sustancia vegetal viscosa, coagulable al alcohol. También es una solución acuosa espesa de una goma o dextrina utilizada para suspender sustancias insolubles y para aumentar la viscosidad.

Salmuera.- La salmuera es agua con una alta concentración de sal disuelta (NaCl).

Esterificación.- Se denomina esterificación al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.

Enzima.- Las enzimas^[1] son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles

Solubilidad.- La solubilidad es una medida de la capacidad de una determinada sustancia para disolverse en otra.

Hidrofílica.- Hidrófilo de la palabra griega *hydros* (agua) y *philia* (amistad); es el comportamiento de toda molécula que tiene afinidad por el agua.

Hidrólisis.- Se llama hidrólisis a una reacción ácido-base entre una sustancia, típicamente una sal, y el agua.

Precipitación.- Un precipitado es el sólido que se produce en una disolución por efecto de una reacción química o bioquímica. A este proceso se le llama precipitación.