

“Obtención de pectina de Nopal (*Opuntia spp*), a diferentes tiempos y temperaturas, utilizando ácido sulfúrico.”



Emilio Gonzalo Montenegro Ruales
Escuela de Desarrollo Integral Agropecuario (EDIA)
Universidad Politécnica Estatal del Carchi (UPEC)
Nuevo Campus, Av. Universitaria y Antisana
Tulcán-Ecuador
emilio_mon@yahoo.es

Resumen

El presente trabajo de investigación consistió en obtener pectina de Nopal (*Opuntia spp*), a diferentes tiempos y temperaturas, utilizando ácido sulfúrico como catalizador, y la posterior caracterización de la pectina obtenida en el mejor tratamiento. Para la evaluación de las variables en estudio se implementaron 6 tratamientos con tres repeticiones utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), con un arreglo factorial A x B, en donde el factor A corresponde a la temperatura de hidrólisis y el factor B al tiempo de dicho proceso. Las variables analizadas fueron: grado de esterificación, grados Brix, rendimiento y grado de metoxilo. Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de Tukey al 5%, para el Factor A y el Factor B. La extracción se la realizó mediante una hidrólisis con ácido sulfúrico a pH de $2 \pm 0,2$; a 80°C y 90°C durante (30, 45 y 60) minutos. El mejor tratamiento fue T4 (a_2b_1) (90°C, 30 minutos) con: grado de esterificación 86,9%; 2,47 °Bx; rendimiento de 1,31% y grado de metoxilo 13,02%; seguido por el tratamiento T5 (a_2b_2) (90°C, 45 minutos) con grado de esterificación 82,1%; 2,37 °Bx; rendimiento de 1,29% y grado de metoxilo 12,23%. Los resultados de los análisis realizados a la pectina obtenida en el mejor tratamiento T4 (a_2b_1) fueron: humedad: 13,27%; fibra total: 10,07%; cenizas: 10,16 %; pH: 4,12; recuento de coliformes totales: <10 UFC/g; recuento de E. coli:<10 UFC/g; parámetros comparables a los de la Pectina cítrica RS150 comercial (pectina cítrica marca Cargill): humedad: 10,17%; fibra total: 0,07%; cenizas: 1,36 %; pH: 3,14; recuento de coliformes totales: <10 ufc/g; recuento de E. coli:<10 UFC/g; la pectina obtenida en la presente investigación cumple con los parámetros establecidos en la Pectina cítrica RS150 comercial, se hace notoria la cantidad de fibra total de 10,07% vs 0,07% de la Pectina cítrica RS150 comercial, lo que la constituye como una fuente potencial de fibra.

Palabras claves: *Opuntia spp.*, pectina, hidrólisis.

SUMMARY.

The present research work was to obtain pectin Nopal (*Opuntia* spp), at different times and temperatures, using sulfuric acid, and further characterization of pectin obtained in the best treatment. For the evaluation of the study variables 6 treatments with three replicates using a Completely Randomized Design (CRD) with a factorial arrangement A x B, where the factor A corresponds to the temperature of hydrolysis and factor B were implemented while of that process. The variables analyzed were: degree of esterification, Brix, performance and degree of methoxy, for statistical analysis the Tukey test was used 5% for Factor A and Factor B. The extraction was performed by the hydrolysis sulfuric acid to pH $2 \pm 0,2$; at 80 and 90 for 30, 45 and 60 minutes. The best treatment was T4 (a2b1) (90, 30 minutes) with: 86,9% degree of esterification; °Bx 2,47; yield of 1,31% and 13,02% degree of methoxyl; followed by T5 (a2b2) (90C, 45 min) treatment with 82,1% degree of esterification; °Bx 2,37; yield of 1,29% and 12,23% degree of methoxyl. The results of the analyzes performed on the pectin obtained in the best treatment T4 (a2b1) were: moisture: 13,27%; total fiber: 10,07%; ash: 10,16%; pH: 4,12; count total coliform: <10 CFU / g, e. coli count: <10 CFU / g, comparable to those of commercial citrus pectin RS150 (Cargill brand citrus pectin) parameters: moisture: 10,17% total fiber: 0,07%; ash: 1,36%; pH: 3,14 total coliform count: <10 CFU / g; E. coli Count: <10 CFU / g. pectin obtained in the present research meets the quality parameters, it is apparent the total fiber 10,07% vs 0,07% RS150 commercial citrus pectin, which constitutes it as a potential source of fiber.

Keywords: *Opuntia* spp, pectin hydrolysis.

1. INTRODUCCIÓN.

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5 m de altura, se desarrollan en ambientes secos, la variedad de nopal (*Opuntia spp*) ha sido seleccionada ya que presenta tallos aplastados a los que se los conoce como cladodios, frutos carnosos y de sabor agradable, de color por lo general verde, con espinas blancas pequeñas que realizan la función de defensa de la planta, y que debido a las características físico químicas que presentan son utilizadas en la extracción de pectina (Sáenz, 2006).

En México el nopal es utilizado en las fábricas para la elaboración de productos como: harinas, cápsulas de nopal en polvo con fines medicinales, espesantes, colorantes, etc. además es utilizado por los pobladores de ese país para la elaboración de salsas, mermeladas y encurtidos como acompañamiento de sus comidas (Sáenz, 2006). El Ecuador ha empezado a implementar este cultivo, en lugares semi desérticos, para la producción de tuna y cochinilla para satisfacer las demanda del mercado nacional, utilizando la tuna para la elaboración de pulpas y la cochinilla para elaborar el colorante rojo de carmín (Clerque Bolaños & Gudiño Acosta , 2010). En la provincia del Carchi, cantón Mira, comunidad Las

Dos Acequias, sector el Cascajal, se ha implementado este cultivo debido a que las condiciones ambientales y edáficas del lugar se prestan para su desarrollo, en la presente investigación los cladodios de descarte serán utilizados como materia prima en la obtención de pectina, producto utilizado en la industria alimenticia para el mejoramiento de las características reológicas de mermeladas, jaleas, yogurt, entre otros, en el proceso para la obtención de pectina interfieren directamente las variables temperatura y tiempo, las cuales son determinantes en cuanto al grado de esterificación, grados Brix, rendimiento y grado de metoxilo que influyen en la calidad de la pectina obtenida igualando y/o mejorando a la Pectina cítrica RS150 comercial.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se la llevó a cabo en la Provincia del Carchi, Cantón Tulcán, Parroquia Tulcán, Edificio de laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Laboratorio 203 de análisis de alimentos y control de calidad.

2.1. Equipos, materiales y sustancias.

Buretas, mortero, embudos, pinzas doble nuez, pinzas para buretas, soporte universal, tubos de ensayo, embudos de separación, espátula, papel filtro, jarras 1L, guantes

industriales, envases para muestras, cuchillos, ollas, agitador, filtro o colador, envases de polietileno, pipetas graduadas de 1 y 10 mL, pipetas volumétricas de 11 mL, piceta, varilla de agitación, vidrio reloj, cristalizadores, vasos para precipitados, mechero, papel aluminio, mortero, balanza analítica capacidad 350 g, licuadora, potenciómetro, cocina, deshidratador, termómetro digital, cronómetro, destilador de agua, ácido sulfúrico R, ácido sulfúrico (0,1 y 0,5) N valorado, etanol al 93%, hidróxido de sodio (0,1 y 0,5) N valorado, nopal, agua destilada, pectina cítrica RS150 comercial.

2.2. Metodología

Población. La presente investigación se la realizó con 18 unidades experimentales (6 tratamientos y 3 repeticiones).

Muestra. Constituida por 1500 g de cladodios de nopal utilizados para el desarrollo de cada unidad experimental.

2.3. Diseño experimental

Hace referencia a las temperaturas y tiempos de hidrólisis los cuales se somete la materia prima (cladodio)

Tabla 1. Diseño con tratamientos

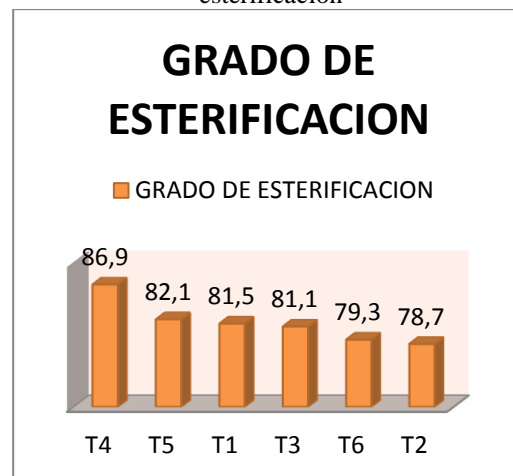
Tratamientos	Factor A	Factor B	Combinaciones
T1 (a ₁ b ₁)	80°C	30 minutos	80°C / 30 minutos
T2 (a ₁ b ₂)	80°C	45 minutos	80°C / 45 minutos
T3 (a ₁ b ₃)	80°C	60 minutos	80°C / 60 minutos
T4 (a ₂ b ₁)	90°C	30 minutos	90°C / 30 minutos
T5 (a ₂ b ₂)	90°C	45 minutos	90°C / 45 minutos
T6 (a ₂ b ₃)	90°C	60 minutos	90°C / 60 minutos

Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

3. PROCESAMIENTO ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

3.1. Análisis físico-químico de la pectina extraída

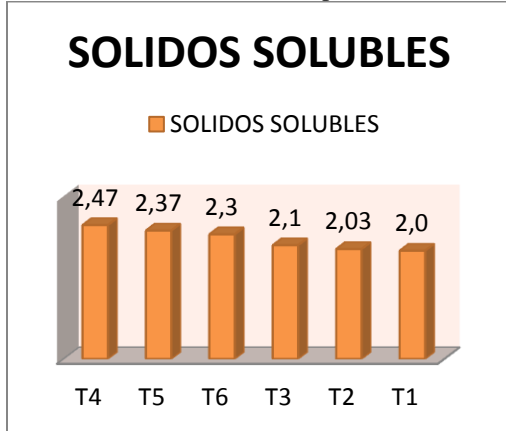
Gráfico 1. Datos estadísticos para el grado de esterificación



Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

En lo referente al grado de esterificación el mejor tratamiento es T4 (90°C, 30 minutos) con un porcentaje de 86.9%, en comparación con T2 (80°C, 45 minutos) con un porcentaje de 78.7%, siendo este último uno de los valores más bajos.

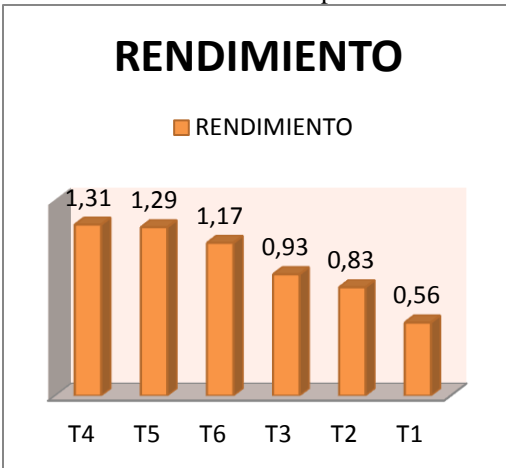
Gráfico 2. Datos estadísticos para sólidos totales



Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

El mejor tratamiento es T4 (90°C, 30 minutos) con un porcentaje de 2.47%, en comparación con T1 (80°C, 30 minutos) con un porcentaje de 2.0%.

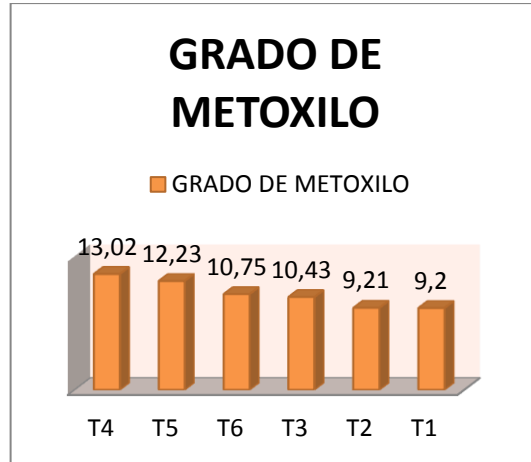
Gráfico 3. Datos estadísticos para el rendimiento



Elaborado por: Emilio Montenegro(2014)

En cuanto al rendimiento, el mejor tratamiento es T4 (90°C, 30 minutos) con un porcentaje de 1.31%, en comparación con T1 (80°C, 30 minutos) con un porcentaje de 0.56%, siendo este uno de los valores más bajos.

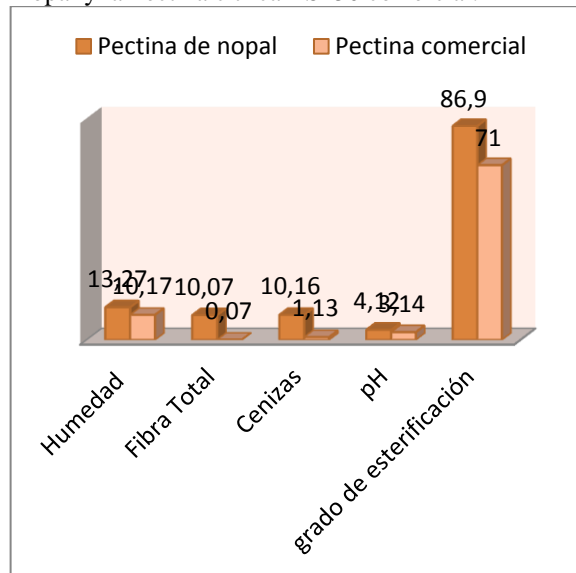
Gráfico 4.- Datos estadísticos para el grado de metoxilo



Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

En lo referente al grado de metoxilo el mejor tratamiento es T4 (90°C, 30 minutos) con un porcentaje de 13.02%, en comparación con T1 (80°C, 30 minutos) con un porcentaje de 9.2%.

Gráfico 5. Análisis fisicoquímico de la pectina de nopal y la Pectina cítrica RS150 comercial.



Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

En los análisis realizados a la pectina de nopal (*Opuntia spp*) y la Pectina cítrica RS150 comercial se

Costos fijos producción

establecen diferencias significativas en cuanto al contenido de fibra total 10.07% en la pectina del nopal vs 0.07% en la Pectina cítrica RS150 comercial, el contenido de cenizas de 10.16% en la pectina del nopal vs 1.13% en la Pectina cítrica RS150 comercial, el grado de esterificación 86.9% en la pectina del nopal vs 71% en la Pectina cítrica RS150 comercial.

Costos de producción

Es el valor que representa la elaboración de un producto, para su cálculo se consideran los costos fijos, los costos variables y las unidades producidas.

Costos variables.- Son aquellos valores que se cancelan por materia prima, insumos, etc. que van de acuerdo al volumen de producción.

Costos fijos.- Son los valores que tiene que tiene que cancelar sin importar si la empresa produce mayor o menor cantidad en cuanto al productos elaborado.

Costos variables de producción

Tabla 2. Costo de producción

DETALLES	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO T.
MATERIA PRIMA				
Compra de Nopal	kilogramos	1,5	\$ 0,20	\$ 0,30
INSUMOS QUIMICOS				
Acido Sulfúrico 98%	mL	20,82	0,017	\$ 0,35
Etanol absoluto 93%	mL	500	0,002	\$ 1,00
SUB- COSTO TOTAL				\$ 1,65

Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

Tabla 3. Costos fijos de producción

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
LUZ	1 Kw.	0,03	0,03
AGUA	0,25 m ³	0,01	0,01
COMBUSTIBLE (Gas)	0,3 Kg.	0,10	0,03
MANO DE OBRA	1 PERSONA		0,10
TOTAL			0,17

Elaborado por: (Montenegro E., 2014)

Costo total producción

Costo total = Costos variables + Costos fijos

Costos variables = 1,65 USD

Costos fijos = 0.17 USD

Costo total = (1,65 + 0,17) USD

Costo total = 1,82 USD

Costo de producción = 1,82 USD/
1.33 gramos de pectina

**Costo de producción = 1,37 USD/
gramos de pectina**

3.2. Verificación hipótesis

De acuerdo a la hipótesis planteada, las variables temperatura y tiempo influyen en la obtención de pectina de nopal (*Opuntia spp*), y según los análisis realizados en la presente investigación se acepta la hipótesis alternativa, debido a que los factores en estudio si influyen en el proceso de hidrólisis de la pectina

Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio Tema: "Obtención de pectina de Nopal (*Opuntia spp*), a diferentes tiempos y temperaturas, utilizando ácido sulfúrico." se establecen las siguientes conclusiones:

El ácido sulfúrico reacciona de manera favorable en la hidrólisis,

rompiendo las cadenas de Protopectina.

De acuerdo a los análisis estadísticos, las variables tiempo y temperatura planteados en la investigación influyen significativamente en los resultados obtenidos.

El mejor tratamiento en la obtención de pectina a partir de nopal (*Opuntia spp*), fue T4 (a₂b₁) (90°C, 30 minutos) del cual se obtuvo una pectina con: grado de esterificación 86,9%; 2.47 °Bx; rendimiento de 1,31% y grado de metoxilo 13,02%; seguido por el tratamiento T5 (a₂b₂) (90°C, 45 minutos) con grado de esterificación 82,1%; 2.37 °Bx; rendimiento de 1,29% y grado de metoxilo 12,23%.

En la pectina obtenida en la presente investigación hace notoria la cantidad de fibra total de 10.07% vs 0.07% de la Pectina cítrica RS150 comercial, esto se debe a la naturaleza de la materia prima utilizada (nopal), dicho contenido hace que este producto se constituya como una fuente potencial de fibra.

El contenido de cenizas de 10.16% en la pectina del nopal vs 1.13% en la Pectina cítrica RS150 comercial indica que es una buena fuente de minerales.

De los análisis físico-químicos y microbiológicos del mejor tratamiento T4 (a₂b₁) (90°C, 30 minutos) se concluye que los resultados son comparables a los datos de los análisis de la pectina cítrica RS150.

El costo de producción de la pectina de nopal obtenida en el T4 (a₂b₁) (90°C, 30 minutos) es de 1,37 USD/g.

Recomendaciones.

Es recomendable realizar varios lavados de la pectina obtenida con alcohol de 70° con el fin de remover la mayor cantidad de clorofilas y residuos de ácido.

Se recomienda realizar una buena agitación durante el proceso de extracción, a fin de lograr una homogénea distribución del calor en la masa de solución.

La temperatura de secado no debe de exceder los 55°C ya que la pectina se desnaturaliza y pierde sus propiedades gelificantes.

Se recomienda realizar una doble filtración de la solución nopal-ácido, para eliminar residuos de la planta ya que estos afectan la calidad de pectina.

Bibliografía.

Alimentación-sana.org. (10 de octubre de 2013). *Alimentación-sana*. Obtenido de Alimentación-sana: <http://www.alimentación-sana.org/PortalNuevo/actualizaciones/nopal.htm>

Antonio, M. (Enero de 2007). Extracción y caracterización reológica de polisacáridos tipo pectina de la cáscara de tuna (*Opuntia spp*). Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México.

ATSDR. (3 de Marzo de 2014). anhidrido sulfúrico y ácido sulfúrico. Atlanta, Estados Unidos.

Ávila, M. A. (2009). Extracción de pectina líquida a partir de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*) y su aplicación en el desarrollo de un producto de humedad intermedia. Guayaquil, Ecuador.

Clerque Bolaños, M. F., & Gudiño Acosta, S. D. (28 de Enero de 2010). Determinación de los parámetros óptimos de proceso para nopal (*Opuntia Spp.*) con fines industriales. Ibarra, Imbabura, Ecuador.

Comercio, E. (15 de Octubre de 2011). *El Comercio.com*. Obtenido de El Comercio.com: http://www.elcomercio.ec/agromar/tuna-variedades-producen-pais_0_572342895.html

Dergal, S. B. (2006). Química de los Alimentos. En S. B. Dergal, *Química de los Alimentos* (págs. 92-97). México: Pearson Addison Wesley.

Espinoza, C. C. (2009). "Influencia del Secado sobre la Captación de Agua de Pectina extraída a partir del Citrus Aurantifolia Swingle. Guayaquil, Ecuador.

Flores, C., Luna, J., & Ramírez, P. (Diciembre de 1995). *infoaserca*. Recuperado el 2014 de Agosto de 20, de [infoaserca: http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/nopal.pdf](http://www.infoaserca.gob.mx/proafex/nopal.pdf)

Granados, D. y. (1996). *El Nopal. 2ª Reimpresión*. México: Ed. Trillas.

Gudiño, H. (6 de Octubre de 2012). Cultivo de nopal. (E. Montenegro, Entrevistador)

invdes. (2013). *Invdes*. Recuperado el 10 de junio de 2014, de [Invdes: http://www.invdes.com.mx/suplemento/1788-aprovecha-la-uam-propiedad-industrial-del-nopal](http://www.invdes.com.mx/suplemento/1788-aprovecha-la-uam-propiedad-industrial-del-nopal)

Jace, K. (25 de octubre de 2013). *ehowenespanol*. Obtenido de ehowenespanol: http://www.ehowenespanol.com/beneficios-del-cactus-nopal-salud-sobre_34900/

N. Cubero, A. M. (2002). Aditivos Alimentarios. En A. M. N. Cubero, *Aditivos Alimentarios* (págs. 140-143). Madrid: Artes Gráficas Cuesta, S.A.

Nacional, A. (2013). *PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR*. Obtenido de www.presidencia.gob.ec

Pimienta. (1990). El nopal tunero. Guadalajara, Jalisco, México.

QMax México S.A. de CV. (2011). *Ácido Sulfúrico*. México: ONU.

Químicos, L. C. (12 de 07 de 2014). Precio de pectina. (E. Montenegro, Entrevistador)

Quiminet.com. (1 de Febrero de 2006). *Quiminet.com*. Recuperado el 20 de agosto de 2013, de [Quiminet.com: www.quiminet.com/articulos/las-aplicaciones-del-acido-sulfurico-5357.htm](http://www.quiminet.com/articulos/las-aplicaciones-del-acido-sulfurico-5357.htm)

Quinatúa, M. (Enero de 2013). Obtenido de www.google.com

Ramos, V. Q. (Diciembre de 2004).
lquiglobalenergy. Obtenido de
lquiglobalenergy:
http://www.elquiglobalenergy.com/english/datas/Manejo_general_cultivo_Nopal.pdf

Sáenz, C. (2006). Utilización agroindustrial del Nopal. En C. Sáenz, *Utilización agroindustrial del Nopal* (págs. 12-15). Roma: Cadmo Rosell.

Sepúlveda, E. y Sáenz. (1990). *Chemical and physical characteristics of prickly pear (Opuntia ficus-indica) pulp*. *Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.* México .

Sudzuki, F, Muñoz, C y Berger, H. (1993). El cultivo de la tuna (Cactus Pear). Chile.

Taípe, C. C. (2-4 de Noviembre de 2011). Importancia de la Pectina como Aditivo Alimentario en la Industria de Alimentos. Lima, Peru.