

Influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Influence of the coloring state and the extraction agent on the obtaining of pectin from two varieties of passion fruit (*Passiflora edulis*)

Cuenca Nevárez Gerardo^{1*}; Intriago Flor Frank¹; Viviana Talledo Solórzano¹; Jennifer Rivera Molina²

¹ UTM – Facultad de Ciencias Zootécnicas. Extensión Chone Km 2 ½ vía Boyacá, sitio Ánima.

² UNAL-Palmira Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera 32, vía Candelaria, Valle del Cauca.

* Autor para correspondencia: gcuenca@utm.edu.ec

Resumen

Se analizó la influencia del estado de coloración y del tipo de agente extractante (HCl , H_3PO_4 , $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$ (COOH)₃) sobre la obtención de pectina a partir de las cáscaras de dos variedades de maracuyá *Passiflora edulis flavicarpa* (amarilla) y *Passiflora edulis sims* (púrpura). La extracción de pectina se realizó siguiendo un diseño estadístico de experimentos completamente al azar con arreglo factorial 2x6x3, considerando los factores: variedad de *Passiflora*, estado de coloración y agente extractante. Las muestras se sometieron a hidrólisis ácida con las siguientes condiciones de extracción: pH 2,5; temperatura 90–95 °C por 60 minutos. En lo que respecta al análisis de calidad de la pectina, se evaluó mediante la determinación del peso equivalente, grado de esterificación y tiempo de gelificación. Se obtuvo un rendimiento de pectina de 7,26% al usarse como extractante $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$ (COOH)₃ en la variedad *P edulis flavicarpa*; mientras que para la variedad *Passiflora edulis sim* se encontró 8,3% al usarse como extractante $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$ (COOH)₃. La corteza de la maracuyá en el estado de madurez verde de la variedad *P edulis sim* presentó el mayor contenido de pectina, mientras que la extraída de la variedad *P edulis flavicarpa*, exhibió mejor gelificación.

Palabras clave: maracuyá, pectina, hidrólisis ácida, gelificación, rendimiento.

Abstract

The purpose of this study was to analyze the influence of the coloring state and the extractant type (HCl , H_3PO_4 , $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$ (COOH)₃) on the production of pectin from two varieties of passion fruit *Passiflora edulis flavicarpa* (yellow) and *Passiflora Edulis sims* (purple). The extraction of pectin from passionfruit husks was carried out following a statistical design of completely randomized experiments with factorial arrangement 2x6x3, considering the factors: passionflower variety, coloring state and extractant agent. The samples were subjected to acid hydrolysis, with the following extraction conditions: pH 2.5; Temperature 90-95 °C and heating time 60 minutes. Regarding the quality analysis of pectin, this was evaluated by determining the equivalent weight, degree of esterification and gelation time. The yield of pectin obtained was 7.26% when the extractant $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}(\text{COOH})_3$ was used on the variety *P edulis flavicarpa*; while for the variety *Passiflora edulis sim*, it was 8.3% with $\text{C}_3\text{H}_4\text{OH}$ (COOH)₃ used as extractant. The passion fruit rind in the green maturity stage of the *P edulis sim* variety showed the highest pectin content, while the *P edulis flavicarpa* variety showed better gelation.

Key words: Passion fruit, pectin, acid hydrolysis, gelation, yield.



Recibido: 29 de septiembre, 2016

Aceptado: 18 de mayo, 2017

Introducción

Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, MAGAP (2014), en la costa ecuatoriana la superficie cosechada de maracuyá fue de 28 747 hectáreas, lo que apunta a que este es un recurso de alta disponibilidad para la industria alimenticia que elabora concentrados, jaleas y mermeladas a partir de la pulpa de esta fruta. Estos procesos generan gran cantidad de cáscaras como residuos.

Actualmente se buscan nuevas alternativas de uso que agreguen valor a estos residuos y así incrementar el aprovechamiento integral de la fruta. Uno de estos usos lo constituye la extracción de pectina, un coloide por excelencia que tiene la propiedad de absorber una gran cantidad de agua (Chacín, Marín, & D'Addosio, 2010). Se encuentra en la pared primaria y en la lámina media, principalmente en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos (Álvarez & Burgos, 2012)¹. Las pectinas se obtienen de recursos vegetales que tienen un alto contenido de estas, en especial manzanas, frutas cítricas, piñas, guayabas dulces, tomates de árbol, maracuyá, remolacha, entre otros (Taipe & Matos, 2011).

Durante el desarrollo y maduración de las frutas se efectúa el rompimiento, por hidrólisis, de estos compuestos para formar azúcares y ácidos, y consecuentemente la cantidad y calidad de la pectina (Maldonado., et al. 2010). La pectina como tal es un polisacárido que está compuesto por una cadena lineal de moléculas de ácido D-galacturónico, las que unidas conforman el ácido poligalacturónico (Loyola, Pavez, & Lillio, 2011). Tiene la propiedad de formar geles en medios ácidos y en presencia de azúcares.

Desde el punto de vista nutricional, la pectina en general y especialmente la extraída de la

maracuyá como aditivo alimentario (Arellanes, Jaraba, Márquez, Mazzarri, & Rincón, 2011.) se basa en las siguientes determinaciones: contenido de sacarosa, azúcares totales, azúcares reductores, grados Brix, sodio, fósforo, calcio, magnesio, además de otras características bioquímicas importantes. Tiene un uso legítimo y no limitado en los sistemas de procesado, por cuanto su administración es completamente segura (Paredes, Hernández, & Cañizares, 2015).

Las pectinas de alto contenido de metoxilo requieren de grandes cantidades de azúcar y un pH bajo para formar gel. Así mismo, es menester destacar que las pectinas de bajo contenido de metoxilo pueden formar geles con o sin azúcar en presencia de cationes divalentes (Vriesmann, Teófilo, & De Oliveira, 2012). También es importante mencionar que el tiempo de gelificación, contenido de metoxilo, contenido de ácido galacturónico, grado de esterificación y viscosidad presentes en la molécula de pectina se muestran en función de la biología de la planta, del estado de maduración de la misma y la metodología de extracción (Rascón, Martínez, Carvajal, Martínez, & Campa, 2016).

Investigaciones recientes indican que existen varios procesos registrados para producir pectinas y en cada método se obtienen productos de distinta calidad (Urias, Rascón, Lizardi, Carvajal, Gardea, & Ramírez, 2010). Esto resulta comprensible debido a la complejidad estructural y la variación natural de la pectina, que depende entre otros parámetros de la especie, de las condiciones de maduración y del tipo de almacenamiento (Vriesmann, Teófilo, & De Oliveira, 2012). Por ello, en este trabajo se evaluó la influencia del estado de coloración y del agente de extracción (HCl , H_3PO_4 , C_3H_4OH ($COOH$)₃), sobre la obtención y calidad de la pectina en dos variedades de maracuyá *Passiflora edulis*.

¹ Álvarez, A., & Burgos, F. (2012). Comparación de las técnicas de extracción de Pectina a partir de la cáscara de la parchita amarilla (*Passiflora edulis* F. *Flavicarpa*). (Tesis). Universidad Central de Venezuela., Ingeniería Química, Caracas.

Materiales y métodos

Diseño experimental

Se utilizó un modelo factorial $2 \times 6 \times 3$ en un diseño completamente al azar, en donde los factores son: dos variedades de maracuyá, seis estados de coloración y tres agentes de extracción para un total de 18 tratamientos y 90 réplicas.

- A: (a1: *P. edulis flavicarpa*; a2: *P. edulis sim*),
- B: estado de coloración (b1: verde-blanco, b2: verde-amarillo, b3: amarillo / b4: verde; b5: púrpura-amarillo, b6: púrpura) y
- C: agente de extracción (c1: HCl; c2: H_3PO_4 ; c3: $C_3H_4OH (COOH)_3$).

Se evaluaron las variables de respuesta: rendimiento de pectina, grado de esterificación y porcentaje de proteína. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y posteriormente se realizó un análisis de significación, usando el software libre *InfoStat/L* 9.0 desarrollado por la Universidad Nacional de Córdoba.

Recolección y tratamiento de muestras

Las muestras se tomaron de la zona de Barquero, perteneciente al cantón San Vicente, provincia de Manabí. Se colectaron dos variedades: *Passiflora edulis flavicarpa* (amarilla) y *Passiflora edulis sims* (púrpura), cada una con tres estados de coloración, que determinan el estado de madurez de la fruta. Se tomó en cuenta que las frutas estuvieran sanas, la corteza sin magulladuras ni partes en estado de descomposición.

Se procedió a despulpar la fruta con el fin de separar la corteza para continuar con el proceso, luego se recolectaron 3,5 kg de cáscara de fruta de cada estado de coloración (maduración). Posteriormente se lavó durante 10 minutos con agua a 60 °C con la finalidad de eliminar sustancias solubles, que perjudican las características organolépticas de la pectina tales como: sabor y olor.

Para controlar la actividad microbiana que pudiera atenuar la calidad del producto se procedió a calentar las cáscaras en agua a 100 °C durante cinco minutos; luego, para eliminar el exceso de agua, se filtró y se procedió a secar en una estufa a 60 °C hasta que finalmente se pesó hasta alcanzar una masa constante.

Extracción de la pectina

Las cáscaras se sometieron a hidrólisis ácida durante 60 minutos. Se adicionó agua acidulada (pH = 2; utilizando ácido cítrico al 98% marca Fisher, ácido fosfórico Panreac al 85 % y ácido clorhídrico Panreac al 37%), en una relación cáscaras-agua acidulada de 1:3 (5 kg de cáscara en 15 L de agua acidulada) 95 °C y agitación constante. Este proceso permite que la protopectina (insoluble en agua) presente en la materia prima se transforme en pectina (soluble en agua) que luego es separada del resto de componentes insolubles de la materia prima (celulosa especialmente). Posteriormente la mezcla se dejó en reposo durante 30 minutos, se filtró y exprimió manualmente.

La pectina se precipitó durante 20 minutos con 300 mL de alcohol portable para luego filtrar y lavar, colocándose el producto en una estufa a 60 °C durante 2 horas con la finalidad de obtener pectina sólida, la misma que finalmente se sometió a un proceso de molienda hasta un tamaño de partícula que pase por un tamiz de ojo de malla 80 µm. Los procesos de secado y molienda se realizaron de manera inmediata, debido a que la pectina es altamente higroscópica y se oxida fácilmente al estar en contacto prolongado con el aire.

Análisis cualitativo de la pectina

Grado de esterificación

Empleando el método de valoración de Schultz y Schweiger (Rojas, Perea, & Stashenko, 2008), se determinó el grado de esterificación de la pectina, para lo cual se valoró 10 mL de dilución de pectina al 1% de NaOH 0,1 N, marca Panreac, usando

fenolftaleína al 2% ACS marca Fisher como indicador. Se añadieron 20 mL de NaOH 0,5 N y se esperó 30 minutos con la finalidad de desterificar la pectina. Luego se añadieron 20 mL de HCl 0,5 N para neutralizar al NaOH. Finalmente la disolución se valoró con NaOH 0,1 N.

Determinación de proteínas (Kjeldahl)

Para determinar la proteína en la pectina se utilizó un balón de 500 mL en el cual se añadió 1 g de muestra de pectina, más una pastilla Kjeldahl y 25 mL de H₂SO₄ Panreac al 98% de concentración. Luego se sometió a digestión por cuatro horas y se dejó enfriar. Posteriormente se agregó lentamente 150 mL de agua destilada más dos granallas de zinc marca Meyer y 80 mL de NaOH al 45,4% (Soda Kjeldahl). Se destiló por 25 minutos. El producto de la destilación se recolectó en un matraz que contenía 100 mL de H₂SO₄ 10 N con 3 gotas de rojo de metilo como indicador óptico y seguidamente se procedió a titular con NaOH 10 N. Para este propósito se utilizó un factor de 6,25 (AOAC., 1990)².

Resultados

Obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Los resultados muestran que la interacción de la variedad de la fruta (A), estado de coloración de la misma (B) y agente extractante (C) no presentan diferencias significativas en el rendimiento y grado de esterificación, no así para el porcentaje de proteína donde se evidencia que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 1).

Al realizar el análisis de rendimiento de la pectina se determinó que, empleando el extractante C₃H₄OH (COOH)₃ en la variedad *P. edulis flavicarpa* y estado de coloración verde-amarillo, se obtuvo una media de 7,26%; mientras que con el mismo agente extractante para la variedad *P. edulis sim* y con estado de coloración verde, se obtuvo una media de 8,3%, existiendo diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 1. Análisis de varianza para el estudio de la influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*).

FV	gl	Suma de cuadrados			Cuadrados medios			F calc (0,05)			F tab (0,05)		
		R	° E	% P	R	° E	% P	R	° E	% P	R	° E	% P
A	1	3,70	358,45	32,98	3,70	358,45	32,98	**2642,86	*60,14	*194	3,98	3,98	3,98
B	5	1,74	334,63	17,83	0,35	66,93	3,57	**250	*11,23	*21	2,35	2,35	2,35
A*B	5	0,05	129,88	6,96	0,01	25,98	1,39	*7,14	*4,36	*8,18	2,35	2,35	2,35
C	2	0,46	168,75	0,07	0,23	84,38	0,04	**164,29	*14,16	0,24	3,13	3,13	3,13
A*C	2	0,01	95,6	10,80	0,005	47,8	5,40	*3,57	*8,02	**31,76	3,13	3,13	3,13
B*C	10	0,01	85,57	15,15	0,001	8,56	1,52	0,71	1,44	*8,94	1,97	1,97	1,97
A*B*C	10	0,002	72,59	32,98	0,0002	7,26	3,30	0,14	1,22	*19,41	1,97	1,97	1,97
E. E.	72	0,103	428,92	12,10	0,0014	5,96	0,17						
Total	89	6,075	1674,39	126,87									

A: Variedades

B: Estado de coloración

** Alta significancia

C: Agente extractante

R: Rendimiento

* Significativo

gl: grados de libertad

%P: Porcentaje de proteína

°E: Grado de esterificación

² AOAC. (1990). Food composition, additives, natural contaminants. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC). II. Washington DC.

En relación al grado de esterificación se aprecia que al disolverse las fracciones de pectina con H_3PO_4 y C_3H_4OH ($COOH$)₃, se obtuvieron los valores más altos en la variedad *P. edulis flavicarpa* con un estado de madurez verde-amarillo de 81,3% y 84,96%, respectivamente (Tabla 2 y Figura 1).

Para la proteína, el valor obtenido en el presente estudio es de 2,78% para la variedad *P. edulis flavicarpa* con estado de madurez verde-amarillo y agente extractante C_3H_4OH ($COOH$)₃; así mismo para la variedad *P. edulis sim*, estado de madurez verde y ácido extractante C_3H_4OH ($COOH$)₃ el valor fue 2,80%, como se observa en la Tabla 2 y la Figura 1.

Tabla 2. Rendimiento, grado de esterificación y porcentaje de proteína. Datos empleados para el estudio de la influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Fuente de variación Variedad*Estado de maduración*Agente extractante	Rendimiento (%)	° Esterificación	Proteína (%)
A1*B1*C1	4,5 a	50,44 a	0,56 a
A1*B1*C2	4,82 ab	50,56 a	1,18 ab
A1*B1*C3	5,44 ab	51,06 a	1,20 ab
A1*B3*C1	5,52 ab	55,8 ab	1,28 ab
A1*B3*C2	6,28 ab	59,3 b	1,46 ab
A1*B3*C3	6,34 ab	60,2 b	1,62 bc
A1*B2*C1	6,44 ab	60,96 b	1,64 bc
A1*B2*C2	6,58 ab	81,3 c	2,40 cd
A1*B2*C3	7,26 b	84,96 c	2,78 d
A2*B6*C1	3,64 a	53,3 a	1,34 a
A2*B6*C2	4,12 ab	56,08 ab	1,36 a
A2*B5*C3	4,3 ab	56,94 abc	1,52 ab
A2*B5*C1	4,8 abc	57,5 abc	2,32 b
A2*B6*C2	5,24 bc	57,68 abc	2,52 b
A2*B5*C3	5,54 bc	58,2 abcd	2,54 b
A2*B4*C1	5,96 c	60,48 bcd	2,66 b
A2*B4*C2	8,22 d	61,38 cd	2,68 b
A2*B4*C3	8,3 d	62,76 d	2,80 b

a, b, c, d Letras diferentes en la misma fila indican que hay alta diferencia significativa ($p<0,05$)

a, b, c Letras diferentes en la misma fila indican que hay diferencia significativa ($p<0,05$)

^a Letras iguales en una misma fila indican que no hay diferencia significativa ($p<0,05$)

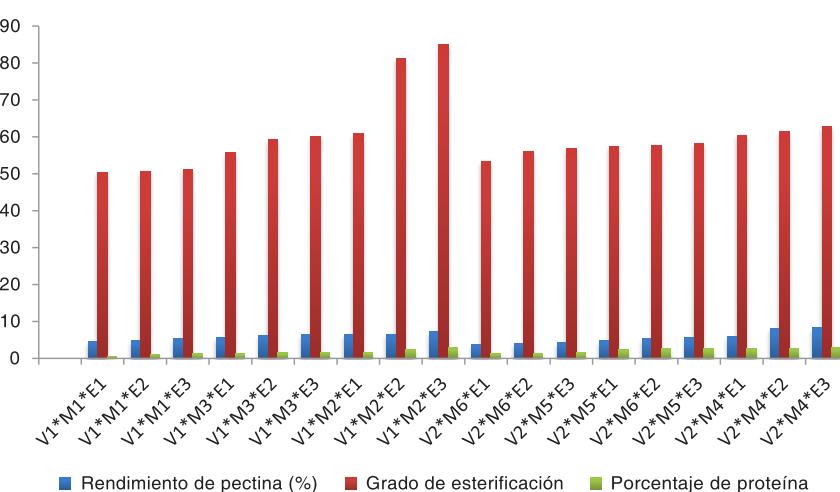


Figura 1. Rendimiento, grado de esterificación y porcentaje de proteína, empleado para el estudio de la influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*).

En lo que respecta al peso equivalente, tiempo de gelificación y °Brix, estos parámetros se midieron sobre las interacciones A2*B4*C2 y A2*B4*C3 que se constituyeron en los tratamientos que mejor se perfilaron en este estudio (Tabla 3).

Tabla 3. Peso equivalente, tiempo de gelificación y grados Brix parámetros analizados en el presente estudio sobre los tratamientos: Variedad *P. edulis sim*, estado de madurez verde y agentes extractantes H_3PO_4 y $C_3H_4OH (COOH)_3$.

Tratamiento	Peso equivalente (g)	Tiempo de gelificación (min)	Grados Brix
A2*B4*C2	150	4,54	60
A2*B4*C3	150	1,52	65

Discusión

El rendimiento en la extracción de pectina de maracuyá reporta rangos que están por encima de los valores reportados por Chacín *et al.* (2010) (1,65%) en un estudio de extracción de pectinas realizado a partir de la pulpa de guayaba madura. Por otro lado, los resultados de este trabajo en cuanto a los rendimientos pueden contrastarse con los realizados por Stephen, Phillips, y Wiliams (2006).

En lo que respecta al grado de esterificación, Grunauer y Cornejo (2009) indican que en el estado verde predomina la protopectina con alto grado de esterificación, la cual se convierte en pectina soluble por acción del proceso metabólico del fruto y de segregación de pectinas en el mismo, ocasionando una desesterificación progresiva a medida que el mismo madura. Así mismo, Loyola *et al.*, (2011), reportan que en manzanas rojas el grado de esterificación tiene un valor de 68,27% siendo este valor intermedio a los presentados en este estudio. Estos valores se comparan a estudios previos realizados por Chasquibol, Arroyo, & Morales (2008), quienes reportaron pectinas con un alto grado de esterificación: 86,24% y 88,79%, en la pulpa de níspero y mesocarpio de granadilla, respectivamente.

Los porcentajes de proteína obtenidas en el presente estudio, se encuentran dentro de los rangos requeridos para la pectina, por tanto se puede decir que la pectina extraída podría ser utilizada para la industria alimenticia como lo detallan en un estudio Taipe y Matos (2011).

Luego de haber determinado los tratamientos, los valores más altos empleados corresponden a las combinaciones A2*B4*C2 (*P. edulis sim* x verde x H_3PO_4) y A2*B4*C3 (*P. edulis sim* x verde x $C_3H_4OH (COOH)_3$); se realizaron análisis de peso equivalente (150 g), tiempo de gelificación 4,54 – 1,52) y °Brix (60-65), encontrándose dentro de los rangos establecidos en estudios previos reportados por Páez (2005), lo que permite afirmar que es posible obtener pectina de buena calidad para aplicaciones en la industria alimenticia, así como la posibilidad de procesarla a escala industrial.

Conclusiones

El mayor rendimiento de la pectina, grado de esterificación y porcentaje de proteínas se obtuvo con la combinación de tratamientos A2*B4*C2 y A2*B4*C3, con las respectivas características física-químicas requeridas para este tipo de productos. Por otra parte, las pectinas obtenidas alcanzaron un grado de esterificación por encima del 50% por lo que son consideradas pectinas con alto grado de esterificación de los grupos carboxilos de la cadena de ácido galacturónico, lo que les confiere un elevado poder gelificante, razón por la cual puede ser usada tanto en la industria alimenticia como farmacéutica. Esto demuestra que es factible obtener pectina de buena calidad para la industria alimenticia, por lo que es posible procesar este polisacárido a escala industrial.

Bibliografía

- Andersson, R., Westerlund, E., & Åman, P. (2006). Cell-Wall Polysaccharides: Structural, Chemical, and Analytical Aspects. A. C. Eliasson, Carbohydrates in food, 139.

- Arellanes, A., Jaraba, M., Mármol, Z., Páez, G., Mazzarri, C., & Rincón, C. (2011.). Obtención y caracterización de pectina de la cáscara del cambur manzano (*Musa AAB*). Rev. Fac. Agron., 28, 523-539.
- Chacín, J., Marín, M., & D'Addosio, R. (2010). Evaluación del contenido de pectina en diferentes genotipos de guayaba de la zona sur del Lago de Maracaibo. Revista Multiciencias, 10(1), 7-12.
- Chasquibol, N., Arroyo, E., & Morales, J. (2008). Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. Ingeniería Industrial (26), 175-199.
- Grunauer, C., & Cornejo, F. (2009). Influencia del secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir del *Citrus x Aurantifolia* Swingle. Revista Tecnológica ESPOL.
- Loyola, M., Pavez, P., & Lillio, S. (2011). Pectin extraction from cv. Pink Lady (*Malus pumila*) apples. Chile. Rev Cien. Inv. Agr., 38(3), 425-434.
- López, S., Árias, G., & Lozano, N. (2000). Determinación de metabolitos y extracción de pectina del albedo de *Citrus medica* L. (Cidra). Ciencia e Investigación, 3 (2).
- MAGAP. (2014). Superficie coschada de maracuyá. Dirección Nacional de Comunicación.
- Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, E., Torres, E., & Vásquez, C. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan (*Vasconcellea weberbaueri* (Harms) V.M. Badillo) provenientes del distrito de San Miguel de Soloco, región Amazonas. Apote Santiaguino, 3(2), 177-184.
- Paredes, J., Hernández, R., & Cañizares, A. (2015). Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de casclos de guayaba (*Psidium guajava* L.). Idesia (Arica), 33(3), 35-41.
- Páez, G. (2005). Obtención y caracterización de pectina a partir de la cáscara de parchita (*Passiflora edulis* f.). Universidad de Zulia. , Maracaibo.
- Rascón, A., Martínez, A., Carvajal, E., Martínez, K., & Campa, A. (2016). Egelificación iónica de pectina de bajo grado de esterificación extraída de manzanas inmaduras de raleo. Rev. Fitotec. Mex., 39(1), 17-24.
- Ridley, B., O'Neill, M., & Mohnen, D. (2001). Pectins: structure, biosynthesis and oligalacturonide-related signalling. Phytochemistry. (57).
- Rojas, J., Perea, A., & Stashenko, E. (2008). Obtención de aceites esenciales y pectinas a partir de subproductos de jugos cítricos. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica., 16 (1), 110-115.
- Schultz, R., & Schweiger, T. (1965). Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. Methods in Carbohydrate Chemistry., 5(189).
- Stephen, A., Phillips, O., & Williams, A. (2006). Food Polysaccharides and their applications. London: Taylor & Francis.
- Taipe, F., & Matos, A. (2011). Importancia de la Pectina Como Aditivo Alimentario en la Industria de Alimentos., (págs. 1-2).
- Urias, V., Rascón, A., Lizardi, E., Carvajal, A., Gardea, A., & Ramírez, B. (2010). A novel pectin material: extraction, characterization and gelling properties. International Journal of Molecular Sciences, (11), 3686-3695.
- Vriesmann, L., Teófilo, R., & De Oliveira, C. (2012). Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) With citric acid. Food Science and Technology, (49).
- Willats, W., Knox, I., & Dalgaard, M. (2006). Pectin: new insights into an old polymer are starting to gel. J. Sci. Technol.