

EDIBLE FILMS ELABORATED WITH PECTIN FROM PINEAPPLE (*Ananas comosus* L.) PEEL

PELÍCULAS COMESTIBLES ELABORADAS CON PECTINA DE CÁSCARA DE PIÑA (*Ananas comosus* L.)

Franco-Maya, E.A.¹; Rayas-Amor, A.A.²; Salgado-Cruz, M de la P.³; Cruz-Monterrosa, R.G.²;
Jiménez-Guzmán, J.²; Miranda de la Lama, G.C.²; García-Garibay, M.²; Díaz-Ramírez, M.^{2*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias Ambientales. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. ²Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. ³Instituto Politécnico Nacional. Cátedra CONACyT. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Av. Wilfrido Massieu, Esq. Calzada Miguel Stampa s/n, Del. Gustavo A. Madero 07738 Ciudad de México, México.

*Autor de correspondencia: marea131079@gmail.com

ABSTRACT

Objective: The aim of this work was to produce edible films with pectin extracted from the pineapple peel (*Ananas comosus* L.), as well as to evaluate its characteristics such as color, resistance to perforation and degradability.

Design/methodology/approach: The edible films from the pineapple peel pectin were made using the casting method (7ml and 10ml). Results: The results showed that the pineapple peel pectin films had lower luminosity and puncture resistance values (between 42.18 ± 0.47 and 31.07 ± 0.66 , between 8.87 ± 0.82 N and 3.61 ± 0.4 N) than the control (citrus fruits) (between 86 ± 0.26 and 85.46 ± 0.99 , between 26.01 ± 2.9 N and 18.82 ± 1.9 N), but its degradability (% weight loss) on the first day was significantly higher ($P < 0.05$); at the end (7 days) both types of films showed similar degradability (99%).

Study limitations/implications: The physical and mechanical properties of edible films made with pectin extracted from pineapple peel should be improved.

Findings/Conclusions: This work showed that pineapple peel pectin films are highly biodegradable, so their use and application in foods is possible; however, more studies are required to optimize their physical and mechanical characteristics.

Keywords: Pineapple peel, pectin, edible films, degradability.

RESUMEN

Objetivo: Elaborar películas comestibles con la pectina extraída de la cáscara de piña, (*Ananas comosus* L.) y evaluar características de color, resistencia a la perforación y degradabilidad.

Diseño/metodología/aproximación: Las películas comestibles se elaboraron utilizando el método de vaciado en placa (7ml y 10ml).

Resultados: Las películas de pectina de cáscara de piña tuvieron valores de luminosidad y resistencia a la perforación menores (entre 42.18 ± 0.47 y 31.07 ± 0.66 ; entre 8.87 ± 0.82 N y 3.61 ± 0.4 N) que las del control (cítricos) (entre 86.0 ± 0.26 y 85.46 ± 0.99 ; entre 26.01 ± 2.9 N y 18.82 ± 1.9 N) pero su degradabilidad (% pérdida de peso) al primer día fue significativamente mayor ($P < 0.05$); al final (7 d) ambos tipos de películas mostraron una degradabilidad similar (99%).

Limitaciones del estudio/implicaciones: Se deben mejorar las propiedades físicas y mecánicas de las películas comestibles hechas con pectina extraída de la cáscara de piña.

Hallazgos/conclusiones: Este trabajo demostró que las películas a partir de pectina de cáscara de piña son altamente biodegradables y no se descarta su uso y aplicación en alimentos; sin embargo, se requieren más estudios para la optimización de sus características físicas y mecánicas.

Palabras clave: Cáscara de piña, pectina, películas comestibles, degradabilidad.

2015). Sus aplicaciones se han diversificado, por ejemplo, como materiales de pared en nanoencapsulados (Ghasemi *et al.*, 2018) y como ya se ha mencionado en la elaboración de películas comestibles. Si bien los estudios son numerosos no existen reportes respecto del uso de pectina de cáscara de piña (*Ananas comosus* L.) en la elaboración de este tipo de empaques.

La piña es un fruto tropical muy consumido en el mundo; sin embargo, gran parte del fruto se desecha cuando ésta se industrializa, y éstos constituyen entre 50% y 65% del fruto, de los cuales 12% es la corona (parte superior del fruto), 9% es el tallo de la piña (corazón) y un 32% es la cáscara de la piña (Anabella Reyes, 2015). Si bien uno de los principales propósitos de la sociedad actual es la preservación del medio ambiente (Solis, 2016), las pocas alternativas económicas, sociales, nutricionales, así como la falta de cuidado ambiental provocan que estos residuos sean mal manejados y se conviertan en fuentes de contaminación del suelo, agua y aire (Cury *et al.*, 2017); sin embargo, su utilización como fuente alterna de materiales de valor agregado, resultaría ventajosa desde el punto de vista socioeconómico y ambiental (Quesada *et al.*, 2005). Es por ello que el objetivo de este trabajo fue evaluar las características de películas elaboradas con pectina extraída de la cáscara de *Ananas comosus* L. para conocer sus características y la factibilidad de su uso en alimentos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cáscara de piña (*Ananas comosus*) se recolectó en el municipio de Xonacatlán Estado México, procedente del Estado de Colima, México. Se utilizó pectina de cítricos

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de películas comestibles con características de barrera, mecánicas, térmicas y de degradabilidad adecuadas ha sido ampliamente estudiado para sustituir a los empaques de plástico convencionales y disminuir su impacto ambiental (Domínguez-Courtney y Jiménez-Munguía, 2012; Oropeza *et al.*, 2016). Al respecto, los desechos de frutas que contienen pectina son una fuente importante para su extracción y utilización (Arthey y Ashurst, 1996). Las pectinas son un grupo complejo de heteropolisacáridos estructurales presentes en los vegetales que tienen diferentes grados de esterificación y que pueden contener de 200 a 1,000 unidades de ácido galacturónico (Stephen *et al.*, 2006; Badui, 1999). Por su grado de esterificación se pueden distinguir dos tipos, las de alto y bajo índice de metoxilo (HM, High Metoxil) (más del 50% de grupos carboxilos esterificados y las LM: Low Metoxile, equivalente a menos del 50% de grupos carboxilos esterificados). La extracción comercial de pectina normalmente se realiza de cáscaras de frutas, tales como la manzana (*Malus domestica* L.) y cítricos (*Citrus* sp.) (limón, la lima, naranja, toronja y mandarina), pero recientemente se han realizado estudios para obtener de otro tipo de cáscaras como la granada (*Punica granatum* L.) (Pereira *et al.*, 2016), el plátano (*Musa* sp.) (Oliveira *et al.*, 2016), el mango (*Mangifera indica* L.) (Parniakov *et al.*, 2016), papaya (*Carica papaya* L.) (Koubala *et al.*, 2014) entre otras fuentes. Los métodos para su extracción también son variados e incluyen desde la extracción tradicional con ácidos (Charchalac Ochoa, 2008) y enzimas (Zapata *et al.*, 2009) hasta el uso de otras tecnologías alternas como el ultrasonido (Campo-Vera *et al.*, 2016) y microondas (Zegada Franco,

(Pectin from citrus peel, Sigma-Aldrich, MO, USA) como control, glicerol y tween 20 para la elaboración de las películas comestibles, así como HCl y etanol grado reactivo para la extracción de pectina.

Para la extracción de pectina, se utilizó la metodología descrita por Carcabas *et al.* (2012) con algunas modificaciones. La cáscara de piña se sometió a una hidrólisis ácida con HCl al 37% y a un pH de 0.3 durante 45 min, se filtró al vacío y se adicionó etanol (70% de la solución), se centrifugó (Modelo DSC-301SD, Digisystem Laboratory Instruments Inc, Taiwan, China) a 4500 rpm durante 10 min, se decantó el etanol, y la pectina recuperada, se secó a 45 °C en estufa (Modelo 663, Cole-Parmer Instrument Company, LCC, IL, USA). Para determinar el porcentaje de pectina extraída de la cáscara se utilizó la fórmula de Karim *et al.* (2014) descrita a continuación.

$$\%pectina = \frac{\text{peso de la pectina seca}}{\text{peso de la cáscara seca}} \times (100)$$

Para la elaboración de las películas comestibles se siguió el método de vaciado en placa de acuerdo con Gaona *et al.* (2016), utilizando ambas pectinas (control y de cáscara de piña) en solución en agua al 5% (p/v), glicerol y tween 20 en una proporción 1:0.011:0.002. La solución de pectina se calentó a 85 °C con agitación constante (2000 rpm), se adicionó el glicerol y tween 20 hasta homogeneizar. La solución se dejó enfriar y se vertieron 7 y 10 mL en cajas Petri, por último, las soluciones se colocaron en estufa a 50 °C durante 4.5 h. Para determinar la apariencia física y microestructura de las películas comestibles, se tomaron fotografías con una cámara de resolución de 2592×1936 pixeles y se colocó la muestra de 14 cm² en un microscopio compuesto (Primo Star, Carl Zeiss, Gottingen, Germany). Las películas se observaron con un objetivo de 4x, y se tomaron micrografías con una resolución de 2592×1936 pixeles.

Para determinar las características físicas de las películas, se evaluó el diámetro y grosor de las películas, la humedad de la película por el método de la termobalanza (MB45-Ohaus, Parsippany, USA) a 80 °C durante 60 min. La resistencia mecánica de las películas se evaluó mediante la prueba de perforación (N) y deformación (mm) (Chen y Lai, 2008) en muestras rectangulares de 60 mm×20 mm con un texturómetro CT3-Brookfield (Brookfield, Middleboro, USA) y con una carga de 4.5 g, a una velocidad de prueba de 0.55 mm s⁻¹. El color de

las películas se midió utilizando un colorímetro (Konica Minolta CR-400, New Jersey, USA.), donde se obtuvieron los datos del sistema CIE L*a*b* (estándar internacional para color adoptado por la Comisión Internacional de Iluminación, CIE por sus siglas en francés).

Para definir la degradabilidad, las películas comestibles fueron enterradas en un suelo limoso (52±1.4% de humedad, 22±.5% de materia orgánica, 13±0.8% de carbono orgánico, pH 6±0.1, salinidad 46±7.8 mg kg⁻¹ suelo y NO₃ 29±6.2 mg kg⁻¹ suelo) con coordenadas (19° 17' 31.67" N y 99° 29' 54.34" O) tomadas con un GPS (e-trex20, Garmin Southampton, Reino Unido), en una superficie de 1 m², a 25 cm de profundidad, el área de las biopelículas enterrada fue de 14 cm². Las películas comestibles se desenterraron en intervalos específicos (1, 3, 6 y 7 d), se depositaron en bolsas de papel identificadas y se metieron a secar a la estufa de aire forzado (Modelo 663, Cole-Parmer Instrument Company, LCC, IL, USA) a 45 °C durante 24 h. El porcentaje de pérdida de peso se calculó usando la siguiente ecuación.

$$\text{Pérdida de peso \%} = \frac{w_i - w_f}{w_i} \times (100)$$

En donde; w_i =peso seco inicial de las películas comestibles antes de la prueba, w_f =peso seco final de las películas comestibles.

Todos los análisis se realizaron por triplicado, se calculó la media y la desviación estándar. Además se realizó la prueba de Tukey para evaluar las diferencias significativas ($P < 0.05$) usando el software SigmaPlot V.11.0 (Systat Software Inc. USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción de pectina y apariencia de las películas. El rendimiento de pectina obtenido de la cáscara de piña fue de 1.4±0.03%. Estos resultados son mayores a lo reportado por Ukiwe y Alinnor (2011) quienes obtuvieron un valor de 0.4±0.0% utilizando HCl en la extracción de este biopolímero, no obstante, existen diferencias en cuanto a los métodos utilizados, tal es el caso del pH, que en este estudio registró un valor de 0.3, mientras que en el trabajo citado fue de 1.5 a 3.0. Las Figuras 1A y 1B muestran como las biopelículas comestibles control son transparentes mientras que las de pectina de cáscara de piña tienen una tonalidad que va de color amarillo a café oscuro dependiendo del volumen de vaciado en la

placa (7mL y 10 mL respectivamente) (Figura 1C y 1D). Por otro lado, las micrografías muestran que las películas de cáscara de piña tienen tonalidades de color amarillo, rojo y café oscuro. El color de estas partículas probablemente se debe a las reacciones de Maillard y reacciones de oxidación (Badui, 1999) por el proceso térmico al que fueron sometidas.

El Cuadro 1 muestra los resultados de los parámetros evaluados a las películas, como se observa el diámetro, grosor y humedad no se modificaron por efecto del volumen de vaciado y tipo de pectina utilizada. Con respecto al color se tomó el modelo CIE L* a* b*, donde el parámetro L* corresponde a la luminosidad del color y toma los valores de 0 a 100, L=0 corresponde al color negro y L=100 corresponde al color blanco; los parámetros a* y b* son componentes cromáticos, cuyos valores van de -120 a 120; a* es el croma donde los valores positivos (+) corresponden a rojo y los valores negativos

(-) a color verde, el valor de b* toma valores positivos (+) que corresponden al color amarillo y valores negativos (-) que corresponden al color azul (Vásquez Riascos, 2015). Como se observa en el Cuadro 1, la luminosidad (L) que presentan las películas fue de 86 ± 0.26 a 31.07 ± 0.66 . Las películas control presentan mayor luminosidad (86 ± 0.26 -7mL y 85.46 ± 0.99 -10 mL) ($P < 0.05$) comparadas con las películas de pectina de cáscara de piña cuyos valores fueron de 42.18 ± 0.47 y 31.07 ± 0.66

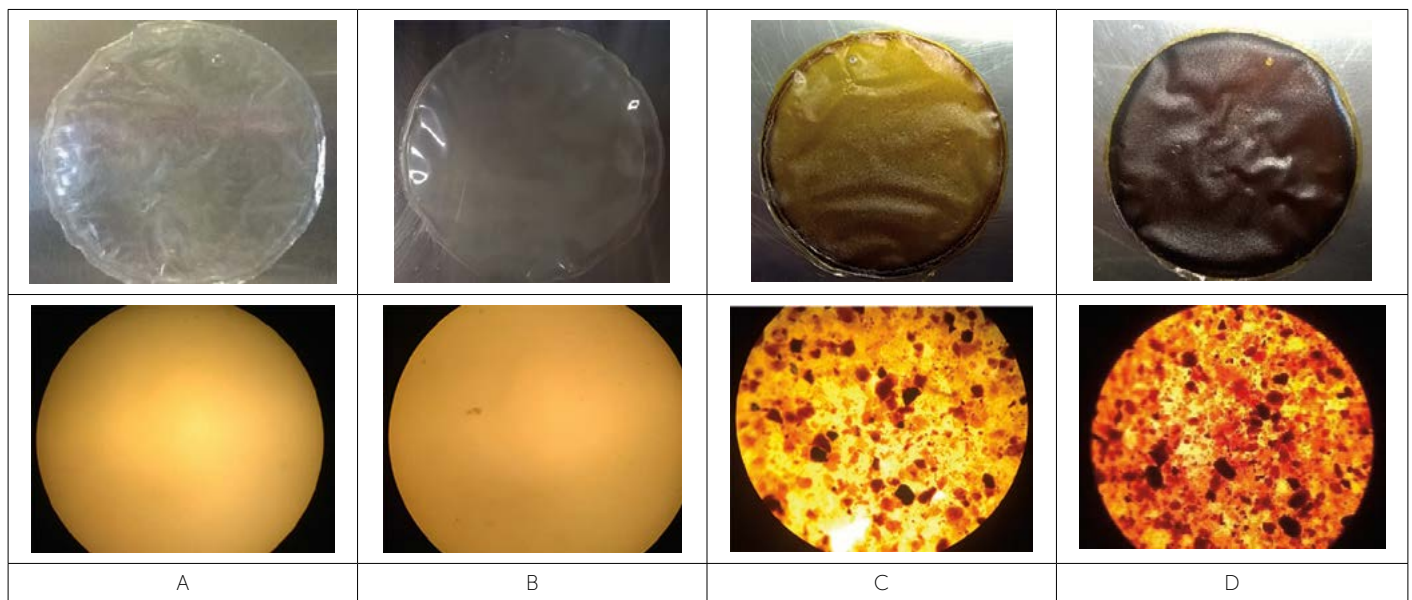


Figura 1. Fotografías y micrografías tomadas con microscopio óptico a 4x de las películas elaboradas con pectina control de 7mL (A) y 10mL (B); y con pectina de cáscara de *Ananas comosus* L. de 7mL (C) y de 10mL (D).

Cuadro 1. Parámetros físicos de las películas control y de las obtenidas a partir de la pectina de <i>Ananas comosus</i> L.				
Parámetros	Pectina control		Pectina cáscara de piña	
	7mL	10 mL	7mL	10mL
Diámetro (cm)	8.32 ± 0.09^a	8.36 ± 0.09^a	8.29 ± 0.28^a	8.26 ± 0.02^a
Grosor (mm)	0.09 ± 0.01^a	0.09 ± 0.01^a	0.08 ± 0.01^a	0.08 ± 0.01^a
Humedad (g/100)	6.4 ± 0.8^a	7.8 ± 0.5^a	7.7 ± 0.4^a	6.9 ± 0.5^a
Color				
L	86.0 ± 0.26^c	85.46 ± 0.99^c	42.18 ± 0.47^b	31.07 ± 0.66^a
a	0.84 ± 0.03^b	0.73 ± 0.04^a	14.07 ± 0.23^c	14.49 ± 0.08^d
b	2.5 ± 0.1^a	4.78 ± 0.09^b	24.37 ± 0.35^d	14.46 ± 0.24^c
Propiedades mecánicas				
Resistencia a la perforación (N)	18.82 ± 1.9^c	26.01 ± 2.9^d	3.61 ± 0.4^a	8.87 ± 0.82^b
Deformación (mm)	0.79 ± 0.06^a	0.64 ± 0.08^a	0.74 ± 0.03^a	1.37 ± 0.02^b

Promedio \pm Desviación Estándar. ^aLetras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

(7 mL y 10 mL respectivamente) así que éstas últimas tienden al color negro, siendo la película de 10mL la más oscura (31.07 ± 0.66), estos valores concuerdan con los resultados presentados en la Figura 1; en cuanto a los valores de "a", (de 0.73 ± 0.04 a 14.49 ± 0.08 para ambas películas: piña y control), al ser positivos tienden a una tonalidad rojiza pero las películas de cáscara de piña de 7 ml y 10 ml son las que tienen en mayor grado esta tonalidad con valores de 14.07 ± 0.23 y 14.49 ± 0.08 respectivamente. El valor de "b" fue positivo para ambas películas por lo que tienden al color amarillo; sin embargo, esta tendencia fue mayor en las películas de cáscara de piña con valores de 24.37 ± 0.35 y 14.46 ± 0.24 . Las tonalidades oscuras y la baja luminosidad de las películas de pectina de cáscara de piña se deben probablemente a las reacciones de Maillard y oxidación (Badui, 1999) de otros polisacáridos extraídos junto con la pectina, ya que ésta no se sometió a un proceso de purificación posterior. Valores bajos de "L" (27.89 ± 0.05) similares a este trabajo fueron reportados para películas elaboradas con extractos de cáscara de granada (Kumari et al., 2017).

Las propiedades mecánicas de las películas (Cuadro 1) muestran que aquellas producidas con pectina de la cáscara de piña son aproximadamente cinco veces menos resistentes a la perforación, que aquellas hechas con la pectina control, mientras que los valores de deformación no mostraron diferencias entre los tipos de pectinas utilizadas. Los valores de resistencia a la perforación y deformación de películas de pectina de cáscara de piña son comparables con películas elaboradas con almidón de chícharo, glicerol y goma guar en una proporción de 1:0.175:0.15 (Saberri et al., 2016), la baja resistencia de las películas de pectina de piña podrían deberse a la baja concentración de ésta por lo que en futuros trabajos podría modificarse esta variable además de realizar la evaluación de las propiedades físicoquímicas de la pectina.

Degradabilidad

La prueba de degradabilidad se realizó en un suelo limoso, y el Cuadro 2 muestra el porcentaje de pérdida de peso de las películas elaboradas con pectina control y cáscara de piña. En el día 1, las películas de piña (7 mL y 10 mL) mostraron mayor degradabilidad con respecto a las películas control, para el día 2 únicamente la película de 7mL de piña mostró un valor mayor ($P < 0.05$). Esta tendencia se mantuvo hasta el día 7, siendo la degradabilidad de las películas de pectina de piña de 7mL ligeramente más altas que el control. En general puede observarse que la pérdida de peso (%) de las películas hechas con pectina de cáscara de piña es comparable que las de pectina control (99%), por lo que es posible su uso en alimentos optimizando las características mecánicas y físicas. Se han reportado estudios (Oropeza et al., 2016) con películas de almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.), quitosano y *Acacia catechu* que muestran que estas películas se pueden degradar en menos de seis meses, por lo que las películas de piña tienen alta degradabilidad.

CONCLUSIONES

Este estudio demostró la factibilidad de producción de películas comestibles con pectina de cáscara de piña, las cuales mostraron una apariencia física similar a aquellas hechas con extractos de cáscara de granada y aunque su resistencia a la perforación fue menor que la control su degradabilidad a los siete días, fue comparable (99%) con ella (control) por lo que no se descarta su uso y aplicación en alimentos.

LITERATURA CITADA

Anabella R.K. 2015. Cuantificación de vinagre obtenido de cáscara de piña por medio de fermentación alcohólica y acética, y su incidencia en la productividad, en una empresa guatemalteca (Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala.

Cuadro 2. Porcentaje de pérdida de peso de las películas elaboradas con pectina control y cáscara de piña

Días	Pérdida de peso (%)			
	7mL		10 mL	
	control	<i>A. comosus</i>	control	<i>A. comosus</i>
1	72.20 ± 0.06^b	79.09 ± 0.26^c	70.28 ± 0.40^a	79.60 ± 0.13^d
3	82.46 ± 0.06^a	95.18 ± 0.02^c	95.23 ± 0.02^c	89.80 ± 0.09^b
6	99.58 ± 0.02^b	99.88 ± 0.00^c	99.92 ± 0.00^d	95.39 ± 0.01^a
7	99.59 ± 0.01^b	99.88 ± 0.00^c	99.93 ± 0.00^d	99.29 ± 0.00^a

Promedio \pm Desviación Estándar. ^aLetras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

- Arthey D., Ashurst P. R. 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia S. A. España. 213-239.
- Badui S. 1999. Química de los alimentos, 3ra ed., Editorial Perason de México S.A. de C.V., México D.F., México. 75-84.
- Cabarcas E., Guerra A., Henao C. 2012. Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción. Universidad de Cartagena. Tesis de grado. Programa de Ingeniería Química. Cartagena. Colombia.
- Campo-Vera Y., Villada-Castillo D.C., Meneses-Ortega J.D. 2016. Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la extracción de pectina contenida en el albedo del maracuyá (*Passiflora edulis*). Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial 14 (1):103-109.
- Charchalac-Ochoa L.R. 2008. Efecto del agente de extracción y tiempo de hidrólisis ácida en el rendimiento de pectina de cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*). Proyecto de Tesis para optar el título de Ingeniera en Industrias alimentarias, Universidad Zamorano. Honduras. 29pp
- Chen C.H., Lai L.S. 2008. Mechanical and water vapor barrier properties of tapioca starch/decolorized hsian-tsoa leaf gum films in the presence of plasticizer. Food Hydrocolloids 22(8): 1584-1595.
- Cury K., Aguas Y., Martínez A., Olivero R., Chams L. 2017. Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. Revista Colombiana de Ciencia Animal 9: 122-132.
- Domínguez-Courtney M. F., Jiménez-Munguía M. T. 2012. Películas comestibles formuladas con polisacáridos: propiedades y aplicaciones. Temas Selectos De Ingeniería De Alimentos 6(2):110-121.
- Gaona-Sánchez V.A., Calderón-Domínguez G., Morales-Sánchez E., Chanona-Pérez J.J., Arzate-Vázquez I., Terrés-Rojas E. 2016. Pectin based films produced by electro spraying. Journal of Applied Polymer Science 133(34).
- Ghasemi S., Jafari S. M., Assadpour E., Khomeiri M. 2018. Nanoencapsulation of d-limonene within nanocarriers produced by pectin-whey protein complexes. Food Hydrocolloids 77:152-162.
- Karim R., Uddin M. B., Jubayer M. F. 2014. Optimization of pectin isolation method from pineapple (*Ananas comosus* L.) waste. Carpathian Journal of Food Science & Technology 6(2): 116-122.
- Koubala B.B., Christiaens S., Kansci G., Van Loey A. M., Hendrickx M. E. 2014. Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. Food research international 55: 215-221.
- Kumari M., Mahajan H., Joshi R., Gupta M. 2017. Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. Food Packaging and Shelf Life 12: 42-50.
- Oliveira T. Í. S., Rosa M. F., Cavalcante F. L., Pereira P. H. F., Moates G. K., Wellner N., & Azeredo, H. M. 2016. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. Food Chemistry 198: 113-118.
- Oropeza F., Montes A., Padrón C. 2016. Biodegradable films based on starch: mechanical/functional properties and biodegradation. Revista Venezolana De Ciencia Y Tecnología De Alimentos 7(1):65-93.
- Parniakov O., Barba F. J., Grimi N., Lebovka N., Vorobiev E. 2016. Extraction assisted by pulsed electric energy as a potential tool for green and sustainable recovery of nutritionally valuable compounds from mango peels. Food Chemistry 192: 842-848.
- Pereira P.H., Oliveira T.I., Rosa M.F., Cavalcante F.L., Moates G.K., Wellner N., Waldron K.W., Azeredo M.C. 2016. Pectin extraction from pomegranate peels with citric acid. International Journal of Biological Molecules 88: 373-379.
- Quesada-Solís K., Alvarado-Aguilar P., Sibaja-Ballesteros R., Vega-Baudrit J. 2005. Utilización de las fibras del rastrojo de piña (*Ananas comosus*, variedad champaka) como material de refuerzo en resinas de poliéster. Revista Iberoamericana de Polímeros 6: 157-179.
- Saberi B., Vuong Q.V., Chockchaisawasdee S., Golding J.B., Scarlett C.J., Stathopoulos C.E. 2016. Mechanical and physical properties of pea starch edible films in the presence of glycerol. Journal of Food Processing and Preservation 40(6):1339-1351.
- Solis S. 2016. Elaboración y caracterización de películas comestibles elaboradas con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC). Universidad Autónoma del Estado de México. Tesis Licenciatura.
- Stephen A.M., Phillips G.O., Williams P.A. 2006. Food Polysaccharides and their applications. London: Taylor & Francis. 733.
- Ukiwe L.N., Alinnor J.I. 2011. Extraction of Pectin from Pineapple (*Ananas comosus*) Peel using Inorganic/Organic Acids and Aluminum Chloride. Fresh Produce 5(1): 80-83.
- Vásquez-Riascos A.M. 2015. Estimación de las coordenadas CIEL*a*b* en concentrados de tomate utilizando imágenes digitales (Maestría en Ingeniería Agroindustrial). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración.
- Zapata A.D., Escobar C.A., Cavalitto S.F., Hours R.A. 2009. Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinas-SE. VITAE Revista de la Facultad de Química Farmacéutica 16(1): 67-74.
- Zegada-Franco V.Y. 2015. Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). Investigación & Desarrollo 1(15): 65-76.