

Cuantificación y evaluación de la calidad de pectina extraída de cáscaras en tres variedades de mango (*Mangifera indica* L.) de la región mixteca baja poblana

RESUMEN: Con el objetivo de cuantificar y determinar la calidad de pectinas debido a la variedad de mango cultivadas en la región mixteca baja poblana (manila, chapita y criollo), estado de maduración (verde y maduro), tipo de ácido empleado en la solución extractante (ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido cítrico) y valor de pH (2.0 y 3.0), se utilizó un diseño experimental del tipo factorial evaluando un total de 36 tratamientos. La cuantificación de la pectina se realizó a partir del rendimiento y calidad de pectina se expresó mediante porcentaje de grado de esterificación, metoxilos y ácido galacturónico (AGA). El análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey, mostraron diferencias significativas en el rendimiento debido a la variedad de mango ($p=0.04$), estado de madurez ($p=0.00$) y pH ($p=0.019$), en el grado de esterificación, únicamente por estado de madurez ($p=0.000$), en porcentajes de metoxilos por la variedad ($p=0.005$) y estado de madurez ($p=0.000$); en porcentaje de ácido galacturónico por la variedad ($p=0.033$) y estado de maduración ($p=0.001$). Los resultados obtenidos en el presente proyecto muestran una alternativa de aprovechamiento de la producción de mango en la región mixteca.

PALABRAS CLAVE: Pectina, hidrólisis ácida, mango, estado de madurez.



Colaboración

López-Aranda Erika; Pacheco-Contreras Víctor Inocencio; Escamilla-Ramírez Rosalinda; Romero-Cruz Anabel, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

ABSTRACT: *With the objective of quantifying and determining the quality of pectins due to the variety of mango cultivated in the Mixteca region, low poblana (manila, chapita and criollo), state of maturation (green and mature), type of acid used in the extractant solution (hydrochloric acid, sulfuric acid and citric acid) and pH value (2.0 and 3.0), an experimental design of the factorial type was used evaluating a total of 36 treatments. The quantification of pectin was made from the yield and quality of pectin was expressed by percentage of esterification degree, methoxyls and galacturonic acid (AGA). The analysis of variance and the comparison of means by the Tukey method, showed significant differences in yield due to the variety of mango ($p = 0.04$), state of maturity ($p = 0.00$) and pH ($p = 0.019$), in the degree of esterification, only by state of maturity ($p = 0.000$), in percentages of methoxyls by variety ($p = 0.005$) and state of maturity ($p = 0.000$); in percentage of galacturonic acid by the variety ($p = 0.033$) and state of maturation ($p = 0.001$). The results obtained in this project show an alternative to take advantage of mango production in the Mixtec region.*

KEYWORDS: *Pectin, acid hydrolysis, mango, state of maturity.*

INTRODUCCIÓN

Las pectinas se encuentran asociadas con carbohidratos principalmente con hemicelulosas en las paredes de los vegetales y son responsables de la firmeza de estos productos [1] por lo que están presentes en varias etapas del desarrollo molecular y transformación que dependen de la morfología y taxonomía de la planta durante las etapas de crecimiento y maduración de sus frutos.

La pectina como tal es un polisacárido, de elevado peso molecular, que está compuesto por una cadena lineal de moléculas de ácido

D-galacturónico (150-1500 unidades), fusionadas por enlaces glucosídicos 1-4-alfa, que conforman el ácido poligalacturónico [2,3]. Además, tiene cadenas laterales cortas de ramnosa, arabinosa, galactano, xilosa y fucosa. unidas por un enlace 1-2-alfa a las cadenas principales, conteniendo hasta un 20 % de estos azúcares neutros. La presencia de otros azúcares neutros varía con la especie vegetal provocando que sus estructuras sean diferentes dependiendo de la fuente de obtención. La pectina se encuentra en mayor cantidad en los frutos inmaduros y especialmente en algunos tejidos suaves, como en la cáscara de cítricos (naranja, limón, toronja y lima), en las manzanas, peras, etc.

El proceso de maduración en los vegetales provoca que exista una descomposición progresiva de polisacáridos (protopectina) de la pared celular, los cuales son solubilizados y despolimerizados por acción enzimática (poligalacturonasa (PG), pectinmetilesterasa (PME), β -galactosidasa (β -Gal), xiloglucanasa y xilanasas)[4], se incrementa durante la maduración disminuyendo el contenido y la calidad de las pectinas debido a que éstas tienen cadenas cortas con menor capacidad de gelificar, esta última definida como su grado de metoxilación, y baja viscosidad, esto debido a la actividad combinada sobre las uniones 1-4 alfa y los esteres metílicos de los grupos carboxilo esterificados con metanol [5,6].

A nivel industrial, la extracción de pectina se realiza a través de hidrólisis empleando soluciones de ácidos como clorhídrico, nítrico, ortofosfórico, acético glacial y cítrico. Las condiciones de extracción están en el rango de pH de 1.5-3, 60-100°C y 0.5-6 h [7] afectan la calidad y el rendimiento en porcentaje de pectina.

En la industria alimentaria, la pectina es un ingrediente importante, se usa como gelificante en mermelada y jaleas, espesante, emulsificante y estabilizante en productos lácteos, margarinas, mayonesa y salsas o sustitutos de la grasa de confitería y en helados [8]. Este polisacárido, también se ha usado para mejorar las propiedades mecánicas de las películas y recubrimientos de proteínas [9].

En la porción denominada cuenca alta del río Balsas se encuentra la mixteca baja poblana, localizada en el sur del estado de Puebla, con un clima cálido semiseco árido y con elementos xerofítico, pese a estas condiciones climáticas se han domesticado diversos frutales tales como pitaya de mayo (*Stenocereus stellatus*), ciruela roja y amarilla (*Spondias purpurea*) y el mango (*Mangifera indica* L), que se presenta en variedades tales como: chapita, criollo, manila, oro, perón, pescado, petacón y cuyos árboles se encuentran ubicados en los márgenes del río Tizac y huertos familiares o de traspatio, produciéndose en los meses de abril, mayo y junio; comercializados en su mayor proporción en

fresco en mercados locales y regionales de las áreas circunvecinas. En el año 2011, de acuerdo al censo de frutales en las localidades de Acatlán de Osorio, Xayacatlán de Bravo, Tetelcingo, Garzones Amatlán de Azueta y la Huerta, se contabilizaron 7480, 1666, 1324 y 310 árboles de mango criollo, manila, pescado y chapita, respectivamente. Aproximadamente, se tiene una producción de 8617 toneladas por año y tan sólo el 5.62 % se logra comercializar en fresco, el resto es afectado por factores ambientales como lluvias y corrientes de aire que provocan que los frutos de diferentes grados de madurez se desprendan del árbol y ya no sean aptos para la venta, aprovechándose para la alimentación de ganado caprino y el resto es materia orgánica que se queda esparcida por los terrenos.

Según la variedad, corresponden a un 33-85 % de la fruta fresca mientras que la cáscara y hueso tienen una cantidad de 7-24 y 9-40 %, respectivamente [10]. Estos residuos son una fuente de aceite, fibra alimenticia, polifenoles [10], componentes bioactivo, los cuales poseen varios efectos en la salud humana, Prieto et al. (2017)[2], Geerkens et al. (2015)[11], Sirisakulwat et al. (2008)[12], Koubala et al. (2007)[7], Berardini et al.(2005)[10], Rehman et al. (2004)[13], entre otros, han encontrado que las cáscaras de mango son una buena fuente de pectina, y que ésta presenta buen rendimiento, así como características de calidad comparables con la pectina comercial obtenida de la manzana y cáscaras de cítricos. De este modo, para el aprovechamiento de la elevada producción de este fruto, se evaluó la cantidad y calidad de la pectina de tres variedades de mango a partir del índice de madurez, tipo de ácido (HCl, H₂SO₄ y ácido cítrico) y pH del agua acidulada, como alternativa rentable al desarrollo agroindustrial de la región de la mixteca baja poblana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en el Laboratorio Básico Multifuncional de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, ubicado en carretera Acatlán - San Juan Ixcaquixtla kilómetro 5.5, Unidad Tecnológica, C.P. 74949 Acatlán de Osorio, Puebla, México. Con coordenadas geográficas 18° 13' 28" LN y 98° 02' 19" LW, a 1211 msnm, con una temperatura media anual de 24.2 °C y clima seco, semiárido con lluvias en verano.

Para el presente proyecto se utilizaron tres lotes de aproximadamente 20 kg de tres variedades de mango: manila, chapita y criollo en estado de maduración verde y maduro endémicas de la región mixteca baja, los frutos fueron recolectados en la comunidad de Tianguistengo entre los meses de mayo - junio 2018 y conservadas en refrigeración hasta su procesamiento.

Los frutos fueron lavados con solución de hipoclorito de sodio, fueron secados con papel absorbente y

con la ayuda de un cuchillo se retiraron las cáscaras. Posteriormente, las cáscaras fueron sometidas a un lavado manual con agua potable para retirar la mayor cantidad de pulpa. Las cáscaras fueron inmersas en una solución de ácido cítrico 0.05 %, con la finalidad de inactivar las enzimas pectinesterasas que hidrolizan los grupos éster metílicos, formando metanol y como consecuencia, pectinas de menor metoxilo así como inactivando la enzima poligalacturonasa, que rompe los enlaces glucosídicos entre moléculas galacturónicas, despolimerizando la cadena a fracciones más cortas y, finalmente, finalmente llegando al monómero del ácido galacturónico. Las cáscaras secas fueron envasadas al vacío con la ayuda de una envasadora al vacío (marca CRT Global modelo DZ-300) y almacenadas en congelación (0°C) hasta la extracción de pectina.

Se utilizaron tres agentes de extracción, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico y ácido cítrico (HCl, H₂SO₄, ácido cítrico). La obtención a nivel industrial se hace con soluciones ácidas calientes, para poder disociar la protopectina a pectina soluble. La solución acidulada de cada procedimiento de hidrólisis se preparó con ácido clorhídrico (HCl), ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido cítrico (C₆H₈O₇) hasta ajustar a cada uno a pH 2.0. En una balanza analítica (marca VELAB modelo VE-204) se pesaron 200 g de cáscaras descongeladas a temperatura ambiente y se trituraron en una licuadora (marca Osterizer modelo 465-15) con una relación de cáscara-agua acidulada, 1:6, hasta un tamaño de partícula entre 0.2-0.5 cm. La mezcla se agregó a un matraz Erlenmeyer de 1000 mL. El matraz se colocó en una parrilla de calentamiento (Thermo modelo SP-131325), se mantuvo en agitación constante durante 90 minutos a temperatura de 90-95 °C; posteriormente, se filtró sobre tela de liencillo de manera manual y se enfrió para minimizar la degradación por efecto del calor. Para precipitar la solución péctica se le agregó alcohol etílico 96 % V/V, en una relación 1:2, formándose coágulos gelatinosos de coloración amarilla, cuya intensidad de color dependió del estado de madurez. Posteriormente la pectina obtenida, se filtró y preno sobre un liencillo, se lavó con alcohol etílico al 96 % para eliminar todas las sustancias solubles en alcohol y subsiguientemente, se secó en un horno de desecación (marca Felisa modelo FE-242) a 60 °C hasta una humedad aproximadamente menor de 12%.

La calidad fisicoquímica de la pectina extraída se estimó mediante el rendimiento [2,15], el cual se determinó con base a la cantidad de pectina obtenida en base seca referente a la cantidad de cáscara de mango empleada(g) por cien [2]. El grado de esterificación, contenido de metoxilos (%Metoxilos) y la cantidad de ácido galacturónico (%AGA), se determinaron empleando el método de valoración de Schultz [14,15,16,17, 18, 19], en el cual una solución de 0.5 g de pectina /100 mL de agua se tituló con NaOH 0.1 N (meq

A) Luego se añadió 25 mL de NaOH 0.25N, se dejó reposar por 30 min, y se agregó 25 mL de HCl 0.25N; se tituló con NaOH 0.25N (meq B).

Para estimar el efecto de la variedad, estado de maduración, agente extractante y pH sobre las variables de estudio, se utilizó un diseño experimental del tipo factorial con cuatro factores, con tres niveles de variedad (manila, chapita y criollo), dos niveles de maduración (verde y maduro), tres niveles de ácido (clorhídrico, sulfúrico y cítrico) y dos niveles de pH (2.0 y 3.0) con un total de 36 unidades experimentales, con tres repeticiones.

El análisis para determinar el efecto del pH, agente extractante, variedad y grado de madurez sobre el rendimiento, grado de esterificación, metoxilos, ácido galacturónico, cenizas y humedad se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando el procedimiento de modelos lineales generales (GLM). Para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias usando la prueba de comparación de Tukey. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Minitab (Versión 17). En todos los análisis, se consideró un valor de Alpha ≤ 0.05 como efecto significativo.

RESULTADOS

Efecto de la variedad, ácido, pH y grado de madurez sobre el porcentaje de rendimiento.

Los resultados revelaron que mayor concentración de pectina fue obtenida en cáscaras de mango manila verde a un pH de 2.0. Diferencias significativas fueron encontradas en el rendimiento de pectina debido a la variedad de mango (p=0.04), estado de madurez (p=0.00) y pH (p=0.019) no así para el tipo de ácido extractante (p=0.057); aunque el tipo de ácido no resultó tener efecto significativo en el rendimiento, mayor concentración de pectina fue encontrada al utilizar ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Figura 1).

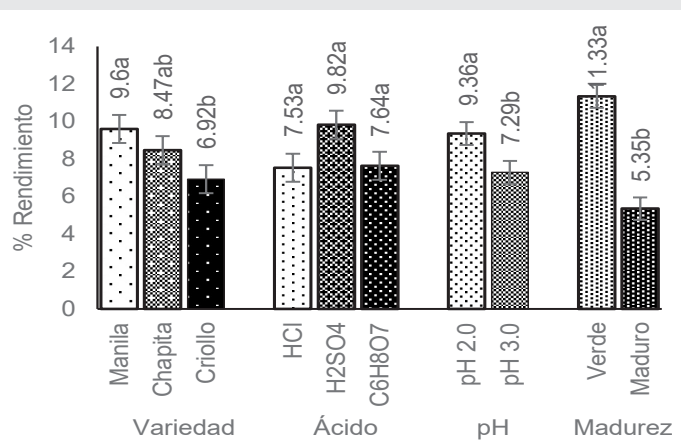


Figura 1. Valores de medias de cuadrados mínimos del rendimiento de pectina debido a la variedad, tipo de ácido, pH y estado de maduración del mango. Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

Los resultados encontrados debido al pH de la solución extractante en el presente estudio, coinciden con lo reportado por Sirisakulwat et al. (2008) [12] en cuatro variedades de mango: Kiew Sawoei, Nam Dokmai, Kaew Chuk y Kaew Khiew.

Aunque el tipo de ácido no tuvo efecto significativo en el rendimiento de pectina, mayor concentración de pectina (9.82%) se obtuvo utilizando ácido sulfúrico. De acuerdo a lo reportado por Baltazar et al. (2013) [15], el uso del ácido sulfúrico como extractante de pectina es viable, ya que obtuvieron un rendimiento del 10.5 a 52.2% de pectina en limón francés citrus médica, este resultado coincide con lo reportado por Berardini et al. (2005) [10] quienes encontraron un rendimiento del 12 al 21% en cáscaras de mango común. Estos resultados difieren con lo reportado por Sindoni et al. (2013) [20] quienes reportaron mayor rendimiento (12.07%) en dos variedades de maracuyá (Maracayera y San Antonio) utilizando HCl, muy arriba a lo encontrado en nuestro estudio (7.53%) utilizando HCl también por lo reportado por Gragasín et al. (2014) [21] en la variedad de mango carabao (4.5 %).

Con respecto al estado de madurez las cáscaras de mangos verdes presentaron un mayor contenido de pectina. Este resultado es explicado debido a que, en frutos verdes o inmaduros, existe mayor contenido de protopectina la cual conforme avanza la maduración se transforma en pectina que es la forma utilizable para la elaboración de mermeladas [1]. Pocos estudios han evaluado el estado de maduración en la extracción de pectina en mango, sin embargo, varios autores han comprobado que, en frutos verdes, se obtiene mayor rendimiento, tal como reportan Baltazar et al. (2013) [15] y Pua et al. (2015) [22] en limón francés y Tahití respectivamente, a un pH de 2.5 por 45 minutos y a 100°C.

Efecto de la variedad, ácido, pH y grado de madurez sobre el porcentaje de grado de esterificación. El grado de esterificación obtenido al utilizar ácido clorhídrico o ácido cítrico. El grado de esterificación de las pectinas de alto metoxilo influye mucho sobre sus propiedades, en particular, a mayor grado de esterificación, mayor es la temperatura de gelificación. El análisis estadístico indicó que, de los cuatro factores evaluados sobre el grado de esterificación de la pectina, únicamente el estado de madurez mostró efecto significativo ($p=0.000$), donde muestras de mango en estado maduro presentaron mayor grado de esterificación (89.73 %) (Figura 2), esto se debe a que los procesos de maduración favorecen la disponibilidad de grupos carboxilos esterificados en mayor proporción.

La variedad empleada no mostro efecto significativo sobre el grado de esterificación, sin embargo, los resultados revelan que mayor porcentaje de grado

de esterificación se encontró al emplear la variedad chapita con 88.98%, este valor es superior a lo encontrado por Koubala et al. (2007) [7], en la obtención de pectina en dos variedades de mango, Améliorée y mango con 57 y 73%, respectivamente.

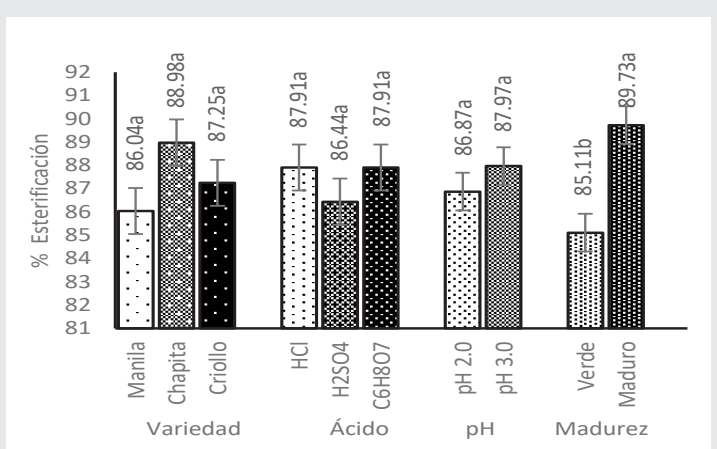


Figura 2. Valores de medias de cuadrados mínimos del grado de esterificación debido a la variedad, tipo de ácido, pH y estado de maduración del mango. Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

Efecto de la variedad, ácido, pH y grado de madurez sobre el porcentaje de metoxilos.

Mayor contenido de metoxilos se encontró al utilizar cáscaras de frutos maduros de la variedad criolla, estas pectinas en las cuales más del 50% de los grupos carboxilos del ácido galacturónico del polímero se encuentra esterificado con metanol. El análisis de varianza reveló diferencias altamente significativas entre la variedad ($p=0.005$) y estado de madurez ($p=0.000$) sobre el porcentaje de metoxilos. Aunque el tipo de ácido empleado y el pH 2.0 o 3.0 en la solución extractante no mostraron efecto significativo, mayor porcentaje de metoxilos fueron encontrados en cáscaras tratadas con ácido cítrico y a un pH 2.0 (Figura 3).

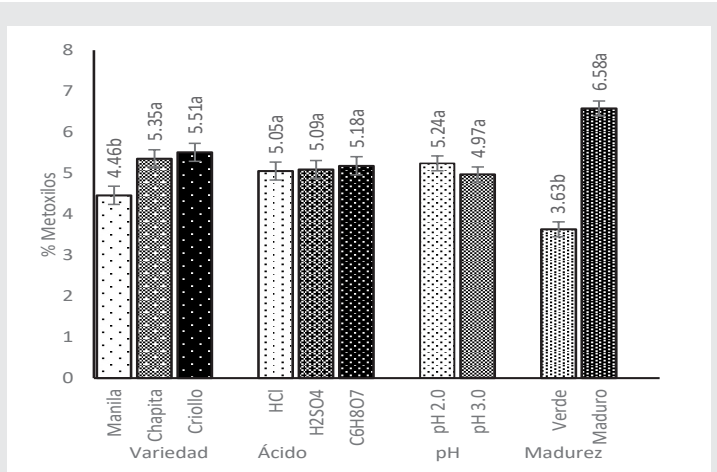


Figura 3. Valores de medias de cuadrados mínimos del porcentaje de metoxilos debido a la variedad, tipo de ácido, pH y estado de maduración del mango. Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

El análisis de varianza en el presente estudio mostró que la variedad criolla presentó mayor contenido de metoxilos con 5.51%, el efecto de la variedad sobre metoxilos en frutos ha sido reportado también por Chacín et al. (2010) [23] en frutos de guayaba ovoide (9.20 %) y redonda (9.40%). Los resultados encontrados sobre el porcentaje de metoxilos debido al estado a maduración, ha sido reportado en frutos por Pua et al. (2015) [22] al evaluar dos estados de maduración (verde y maduro) de limón Tahití y por Paredes et al. (2015) [18] en guayabas verdes (2.53%) quienes reportaron también decremento en porcentaje de metoxilos conforme avanzaba el proceso de maduración, estado pintón (1.64 %) y maduro (0.83 %).

Efecto de la variedad, ácido, pH y grado de madurez sobre el porcentaje de ácido galacturónico(AGA).

Mayor porcentaje de ácido galacturónico se obtuvo al utilizar cáscaras de mango criollo y en estado maduro (40.26 % y 40.98 %, respectivamente). El contenido de ácido galacturónico está debajo del límite establecido para pectinas comerciales, de 65%. Por lo tanto, es posible que la pectina obtenida contenga impurezas como galactanos, xilanos, hemicelulosas u otras sustancias que son susceptibles a la precipitación alcohólica. El análisis estadístico indicó diferencias altamente significativas entre el estado de maduración ($p=0.001$) y diferencia significativa entre la variedad ($p=0.033$), sobre el porcentaje de ácido galacturónico. Aunque el tipo de ácido empleado y el pH 2.0 o 3.0 en la solución extractante no mostraron efecto significativo, mayor porcentaje de ácido galacturónico fue encontrado en cáscaras tratadas con ácido sulfúrico y a un pH de 2.0 (Figura 4).

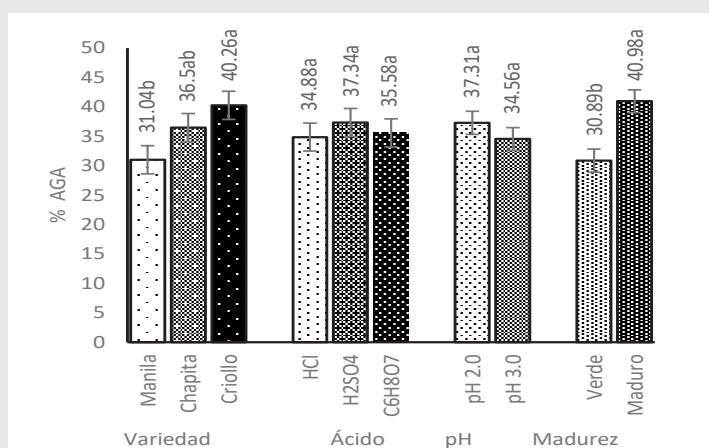


Figura 4. Valores de medias de cuadrados mínimos del porcentaje de ácido galacturónico debido a la variedad, tipo de ácido, pH y estado de maduración del mango. Medias con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

El estado de maduración en frutos afecta el porcentaje de ácido galacturónico, resultados similares fue-

ron reportados por Sirisakulwat et al. (2008) [12], en los mangos Kiew Sawoei, Nam Dokmai, Kaew Chuk y Kaew Khiew de 11.6, 26.4, 20.2 y 29.7 %, respectivamente en estado maduro.

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa debido al efecto del ácido de la solución extractante sobre el porcentaje de AGA, sin embargo, el contenido de ácido galacturónico fue superior al utilizar ácido sulfúrico (37.34%). Estudios previos han reportado que el tipo de ácido y el pH de la solución extractante afectan significativamente en la extracción de pectina. Untiveros (2003) [24] reportó un porcentaje de 75.58 a 76.30 de pectina en manzana de la variedad Pachacamac, al utilizar ácido sulfúrico como agente de extracción. Barazarte et al. (2008) [25] reportan valores de 49.81 y 64.06% en pectina extraída en cáscaras de cacao utilizando un rango de pH 3.0, 4.0 y 5.0.

CONCLUSIONES

El mayor rendimiento de pectina (18.79 %), se obtuvo en mango manila en estado de madurez verde con la solución extractante de ácido sulfúrico a pH 2.0, la pectina obtenida de cáscaras de mango maduro de la variedad criolla en una solución de ácido sulfúrico a un pH de 2.0, presento un contenido de metoxilos mayor (8.41 %) y el mayor porcentaje de ácido galacturónico se obtuvo en cáscaras de mango maduro de la variedad manila y criolla utilizando solución de ácido sulfúrico a un pH de 2.0 (61.44 %), encontrándose debajo del límite establecido para pectinas comerciales, de 65 %. El porcentaje de metoxilos es alto y el porcentaje de ácido galacturónico es bajo con respecto a pectinas comerciales, por esta razón se determinó que el grado de esterificación, sirviera para categorizar a las muestras, de esta manera la pectina obtenida de muestras de cáscaras maduras de la variedad chapita en una solución de ácido sulfúrico a un pH 3.0, con un grado de esterificación del 93.55%, es considerada como pectina de alto metoxilo, con una mayor capacidad de gelificación y viscosidad, esto permitirá que forme geles en condiciones de pH entre 2.8 y 3.5 y un contenido de sólidos solubles (azúcar) entre 60 y 70%; es por esto, que bajo estas condiciones, pueda ser considerada como una alternativa para la industrialización de la elevada producción de mango en la región mixteca baja poblana, lo que contribuirá al crecimiento socioeconómico en esta región, que se caracteriza por un alto

BIBLIOGRAFÍA

[1] Badui, S. (2013). *Química de los Alimentos*. México: Pearson Educación.93-94 pp.

[2] Prieto, C., Páez, G.; Ortega, J.; Araujo, K.; Már-mol, Zulay, Rincón, M.; Raga, J. (2017). *Optimización de las condiciones de extracción de pectina de la cáscara de mango criollo empleando la metodología de superficie de respuesta*. *Revista Téc-*

nica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia, 40(3), 161-169.

[3] 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.

[4] Sañudo B. J.; Siller C. J.; Osuna E. T.; Muy R. D.; López Á.G.; Osuna C. J.; Greve, C.; Labavitch, J. (2008). Solubilización y despolimerización de pectinas durante el ablandamiento de frutos de papaya. Revista Fitotecnia Mexicana, 31 (2), 149-155.

[5] Vicens, A.; Fournand, D.; Williams, P.; Sidhoum, L.; Moutounet, M, Doco, T. (2009). Changes in Polysaccharide and Protein Composition of Cell Walls in Grape Berry Skin (Cv. Shiraz) during Ripening and Over-Ripening. Journal of Agriculture and Food Chemistry 57, 2955-2960.

[6] Donald, J.; Yasar, K.; Jiwon, J. (2001). Pectin degradation in ripening and wounded fruits. HortScience 13 (2), 224- 241

[7] Koubala, B. B.; Kansci, G.; Mbome, L. I.; Crépeau, M. J.; Thibault, J. F.; Ralet, M. C. (2007). Effect of extraction conditions on some physicochemical characteristics of pectins from "Améliorée" and "Mango" mango peels. Food Hydrocolloids, 22:1345-1351.

[8] Casas, D.; Villa, A, Bustamante, F.; González, L. (2015). Process development and simulation of pectin extraction from orange peels. Food Bioprod. Process. 96,86-98

[9] Pérez, C.D.; De Nobilla, M.D.; Rizzo, S.A.; Gerschenson, L.N.; Descalzo, A.M.; Rojas, A.M. (2013). High methoxyl pectin-methylcellulose films with antioxidant activity at a functional food interface. J Food Eng.116:162-169.

[10] Berardini, N.; Knodler, M.; Schieber, A.; Carle, R.(2005). Utilization of mango peels as a source of pectin and polyphenolics. Innovative Food Science and Emerging Technologies.

[11] Geerkens, C. H.; Nagel, A.; Just, K. M.; Miller-Rostek, P.; Kammerer, D. R.; Schweiggert, R. M.; Carle, R. (2015). Mango pectin quality as influenced by cultivar, ripeness, peel particle size, blanching, drying, and irradiation. Food Hydrocolloids, 51,241-251.

[12] Sirisakulwat, S.; Nagel, A.; Sruamsiri, P.; Carle, R.; & Neidhart, S. (2008). Yield and Quality of Pectins Extractable from the Peels of Thai Mango Cultivars Depending on Fruit Ripeness. Agricultural and Food Chemistry, 56(22), 10727-10738.

[13] Rehman, Z. U.; Salariya, A. M.; Habib, F.; Shah, W. H. (2004). Utilization of Mango Peels as a Source of Pectin. Jour. Chem. Soc. Pak., 26(1), 73-76.

[14] Schultz, T.H. (1965). Determination of the degree of esterification of pectin, determination of the ester methoxyl content of pectin by saponification and titration. En. Methods in carbohydrate Chemistry. R, Whistler y J, BeMiller. Vol. 5, Academic Press, New York. 189 p.

[15] Baltazar, R.; Carbajal, D; Baca, N.; Salvador, D. (2013). Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. Agroindustrial Science, 2, 77-89.

[16] Cuenca N. G.; Intriago Flor Frank, I.F.; Viviana T. S.; Molina, R. J. (2017). Influencia del estado de coloración y del agente de extracción sobre la obtención de pectina a partir de dos variedades de maracuyá (*Passiflora edulis*). Revista la Técnica N° 18, 36 - 42. ISSN: 1390-6895 e-ISSN: 2477-8982

[17] Lozano-Grande, M. A.; Valle-Guadarrama S, Aguirre-Mandujano, E.; Lobato-Calleros, C. S. O, Hueliti-Palacios F. (2016). Películas basadas en emulsiones de pectina de frutos de tejocote (*Crataegus* spp.) y cera de candelilla: caracterización y aplicación en *pleurotus ostreatus*. Revista Agrociencia, 50 (7), 849-866.

[18] Paredes, J, Hernández, R, Cañizares, A. (2015). Efecto del grado de madurez sobre las propiedades fisicoquímicas de pectinas extraídas de cascotes de guayaba (*Psidium* IDESIA (Chile) Junio-Agosto, Volumen 33(3), 35-41

[19] 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.

[20] Sindoni, V. M.; Hidalgo, L. P.; Castellano, G.; Núñez-Castellano, K.; Burgos, M. E.; Ramírez, R. (2013). Efecto de dos fases de maduración sobre la cantidad de pectina obtenida en dos variedades de parchita (*passiflora edulis* f. *flavicarpa* degenner) de diferente procedencia. Revista Iberoamericana de Tecnología, 14 (2), 93-100.

[21] Gragasín, M.C.B.; A. R. Ligisan, R. C. Torres, and R. Estrella. (2012). Utilization of Mango Peels as Source of Pectin. PHILMECH Technical Bulletin Vol. 4 No.1. Philippine Center for Postharvest Development and Mechanization. Science City of Muñoz, Nueva Ecija. 20pp.

[22] Pua, A.; Barreto.; Vallejo G., D.; Ariza, C. (2015). *Extracción y Caracterización de la Pectina Obtenida a Partir de la Cáscara de Limón Tahití (Citrus X Latifolia) en dos Estados de Maduración*. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(2), 180-194.

[23] 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*. *Multiciencias*, 10 (1), 7-12.

[24] Untiveros G.S.(2003). *Obtención y Caracterización de Pectinas de Alto Metoxilo y Bajo Metoxilo de la Manzana Variedad Pachacamac*. *Revista de la sociedad de química del Perú*, 69(3), 55-162.

[25] Barazarte, H.; E. Sangronis, and E. Unai. (2008). *La cáscara de cacao (Theobroma cacao L.): una posible fuente comercial de pectinas*. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 2008. *Sociedad Latinoamericana de Nutrición: Caracas*, 58(1), 64-70

Agradecimientos

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento concedido para el desarrollo de esta investigación y a las Jefatura de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias e Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio.