

Extração de pectina obtida da casca do limão persa (*Citrus latifolia* Tanaka)

Extraction of pectin obtained from Persian lime peel (*Citrus latifolia* Tanaka)

DOI: 10.34188/bjaerv5n3-045

Recebimento dos originais: 06/05/2022

Aceitação para publicação: 30/06/2022

Selena Ortega-Gasca

Ingeniera en Industrias Alimentarias por el Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Institución: Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Dirección: Camino a Cartago s/n. Col. Vega Redonda. C.P. 93610. Martínez de la Torre,
Veracruz, México

Correo electrónico: selenorteg@gmail.com

Francisco Hernández-Lorenzo

Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Veracruz

Institución: Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Dirección: Camino a Cartago s/n. Col. Vega Redonda. C.P. 93610. Martínez de la Torre,
Veracruz, México

Correo electrónico: iiapaco93@gmail.com

Alfredo Nava-Zamora

Maestría en Ciencias en Tecnología Agroalimentaria en por la Universidad Autónoma Chapingo

Institución: Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Dirección: Camino a Cartago s/n. Col. Vega Redonda. C.P. 93610. Martínez de la Torre,
Veracruz, México

Correo electrónico: anavazamora@gmail.com

Hebert Hernández-Castro

Ingeniero en Electromecánica por el Instituto Tecnológico de Tehuacán

Institución: Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre

Dirección: Camino a Cartago s/n. Col. Vega Redonda. C.P. 93610. Martínez de la Torre,
Veracruz, México

Correo electrónico: heberhdzcastro@hotmail.com

Román Morales-Pablo

Maestría en Ciencias en Alimentos por el Instituto Politécnico Nacional

Institución: Posgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Campus
Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. Tepetates. C.P. 91690. Veracruz, México

Autor para correspondencia: rmoralesp12@gmail.com

RESUMEN

La extracción de pectina a partir de la cáscara de cítricos es una alternativa para generar valor agregado a estos residuos y disminuir los impactos al medio ambiente. El objetivo de la investigación fue extraer pectina de cáscara de limón persa (PCEI y PCEL) y compararla con pectina comercial cítrica pura (PCCP). La cáscara se obtuvo de una empresa extractora de jugos y de frutos de tercera calidad adquiridos en el mercado municipal de Martínez de la Torre, Veracruz. Se determinó el rendimiento de pectina extraída (% de Rend), peso equivalente (PE), grado de esterificación (%GE), contenido total de ácido anhidro galacturónico (%AAG), contenido de

metoxilo (%MeO) y acidez libre (AL). Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor con tres repeticiones y comparación de medias (Tukey, $p \leq 0.05$). El % de Rend de la PCEL fue de 42.2% mostrando diferencia significativa respecto de la PCEI con un valor de 48.7%. La PCEL presentó significativamente el menor peso equivalente ($1094.7 \text{ mg meq}^{-1}$). El porcentaje de metoxilo y ácido anhídrico galacturónico no presentaron diferencia significativa obteniendo valores promedio de 9.06 % y 65.5 %, respectivamente. La PCEL presentó un grado de esterificación (74.6 ± 1.6 %) significativamente menor a la PCCP (80.6 ± 3.5 %). La PCEL presentó significativamente una mayor AL con respecto a PCEI y PCCP. Se obtuvo pectina de alto metoxilo y gelificación lenta de la cáscara del limón persa con características similares a la PCCP, apta para uso y aplicación en la industria alimentaria.

Palabras clave: Valor agregado, impacto ambiental, beneficio económico.

RESUMO

The extraction of pectin from citrus peel is an alternative to generate added value to these residues. The objective of the study was to extract of Persian lemon peel pectin (PCEI and PCEL) and compare it with commercial pure citrus pectin (PCCP). The peel was obtained from a third-quality juice and fruit extraction company acquired in the municipal market of Martínez de la Torre, Veracruz. It will reduce the yield of extracted pectin (% of Rend), equivalent weight (PE), degree of esterification (%GE), total anhydrous galacturonic acid content (%GAA), methoxyl content (%MeO) and free acidity (AL). An analysis of variance (ANOVA) of a single factor with three repetitions and comparison of means (Tukey, $p \leq 0.05$) was performed. The % of Rend of the PCEL was 42.2%, showing a significant difference with respect to the PCEI with a value of 48.7%. The PCEL presented significantly the lowest equivalent weight ($1094.7 \text{ mg meq}^{-1}$). The percentage of methoxyl and anhydrous galacturonic acid did not appear to be significantly different, obtaining average values of 9.06% and 65.5%, respectively. PCEL presented a significantly lower degree of esterification ($74.6 \pm 1.6\%$) than PCCP ($80.6 \pm 3.5\%$). The PCEL presents a significantly higher AL with respect to PCEI and PCCP. Similar high methoxyl and slow gelling pectin was obtained from Persian lemon peel with PCCP characteristics, suitable for use and application in the food industry.

Palavras-chave: added value, environmental impact, economic benefit.

1 INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de cítricos a nivel mundial. Durante 2020 se reportó una superficie sembrada de 187,481 ha, con una producción de 2,879,023 t y un rendimiento promedio de 15.36 t ha^{-1} (FAOSTAT, 2022). En el mismo sentido el estado de Veracruz durante 2021 aportó una superficie sembrada de 52110 ha. De esta producción el municipio de Martínez de la Torre, es el principal productor a nivel nacional de limón persa, con una superficie de 15, 584 ha y una producción de 658, 282 t anuales (SIAP, 2018). Los cítricos ácidos (limones) se clasifican en dos tipos: limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swingle) con frutos pequeños y Lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) con fruta más grande, que es triploide y por tanto, sin semillas. El limón persa, es un cítrico que tiene forma redonda; la cáscara es delgada y suave, es verde cuando está inmadura y al madurar se torna ligeramente amarilla, por dentro es amarillo verdoso, jugoso y sin semillas (Raddatz *et al.*, 2019). La coloración verde-oscuro es un parámetro muy apreciado por

el mercado de Estados Unidos, Europa y Japón. El color se asocia con otras características de la fruta como sabor y palatabilidad (Lado *et al.*, 2014). Los frutos con una coloración parcialmente amarilla no son bien aceptados en los mercados, mientras otras características como la acidez titulable, sólidos solubles y contenido de jugo son parámetros secundarios de calidad (Pristijono *et al.*, 2019).

Uno de los principales usos del limón persa, es la extracción de jugos para elaborar concentrados, jaleas, dulces, salsas, bebidas, entre otros; Sin embargo, a partir de la cáscara, considerada un residuo de la industria juguera, se pueden producir aceites esenciales, ácido cítrico, cáscara cristalizada y pectina (Zapata *et al.*, 2008). Otro de los subproductos del procesamiento de frutas cítricas, son las semillas, cáscaras y pulpas, que constituyen aproximadamente el 50% del peso de la fruta fresca y contienen varios compuestos biológicamente activos tales como aceite, proteína, fibra dietética, flavonoides y fenoles (Malacrida *et al.* 2012). Específicamente los residuos como cáscaras y pulpas se han utilizado industrialmente para la producción de aceites esenciales y aromas, fibra dietética, melazas y pectina (Fathollahi *et al.*, 2019). Este último subproducto es de relevancia debido a que las pectinas forman geles en presencia de iones de calcio y de azúcar, en condiciones de bajo pH, característica importante para su utilización como un ingrediente alimentario para estructurar alimentos tales como, mermeladas, yogur, bebidas de fruta a base de leche, helados, entre otras. Además, debido a su capacidad gelificante y biodegradabilidad, también se están realizando estudios para su aplicación en películas y recubrimientos comestibles (Vargas *et al.* 2017, Misra y Yadav, 2020).

Las pectinas son polisacáridos que pertenecen a una familia de polisacáridos heterogéneos que se encuentran comúnmente presentes en la pared celular primaria y la laminilla media de todas las plantas superiores y suelen asociarse con otros componentes de la pared celular como celulosa, hemicelulosa y proteínas (Alankay *et al.*, 2017, Liu *et al.*, 2018). Se componen de una espina dorsal de unidades de ácido D-galacturónico (AGal) parcialmente metilesterificado e integrado por varios azúcares neutros, tales como L-ramnosa, L-arabinosa y D-galactosa que están presentes en la estructura de la columna vertebral como cadenas laterales (Alankay *et al.*, 2017).

La esterificación que presenta, indica el porcentaje de residuos del ácido galacturónico esterificado o metoxilado por el grupo metilo y se clasifican en pectinas de bajo (<50 %) y alto metoxilo (>50 %), en función del grado de esterificación de metilo (GE) que da el número de residuos de ácido galacturónico (GalA) esterificado con metilo (Pillai *et a.*, 2017). Los métodos de extracción de pectina son principalmente la precipitación de alcohol, diálisis, precipitación de metales y membrana de separación. El método de precipitación con alcohol se usa más comúnmente

en la extracción de pectina debido a las propiedades no solubles en alcohol de la pectina (Ren *et al.*, 2019).

Por tanto, el objetivo de este trabajo fue extraer y caracterizar pectina de cáscara de limón persa (PCEI y PCEL) y compararla con pectina comercial cítrica pura (PCCP).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 ORIGEN DE LAS MUESTRAS

El presente estudio se llevó a cabo en el Laboratorio de Ciencias Básicas (LCB) y el Laboratorio de Alimentos (LA) del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre, en Martínez de la Torre, Veracruz. La cáscara de limón persa (*Citrus latifolia*, Tanaka), se obtuvo de los residuos generados por una empresa extractora de jugos concentrados y de frutos frescos (tercera calidad) del mercado municipal de Martínez de la Torre, Veracruz.

2.2 TRATAMIENTO PREVIO PARA LA EXTRACCIÓN DE PECTINA

La Cáscara Extraída en el Laboratorio (CEL): Los frutos de limón persa fueron sometidos a una inactivación enzimática a una temperatura de 85 °C durante 15 min (Chasquibol *et al.*, 2008). Se retiró la cáscara y se secó a una temperatura de 70 °C hasta peso constante (Scorpion Scientific®, A52040, México) para proceder a una reducción de tamaño de tamaño de partícula (0.149 mm) (Molino del Rey®, MSL1J, México) y la posterior extracción de pectina.

Cáscara de Extracción Industrial (CEI): La cáscara de limón persa fue sometida a una reducción de tamaño de partícula (0.149 mm) (Molino del Rey®, MSL1J, México) y la posterior extracción de pectina.

2.3 EXTRACCIÓN DE PECTINA

La extracción de pectina se realizó por el método de hidrólisis ácida. Para ello a 600 mL de una solución de HCl (J. T. Baker®) 0.03 M y pH 1.7 se le adicionaron 25 g de CEL y CEI, respectivamente. La mezcla se sometió a un calentamiento con agitación (Scorpion Scientific®, A50022C, México) a una temperatura de 85 °C durante 120 minutos. Posteriormente, se dejó enfriar a temperatura ambiente durante 15 min y se filtró. La solución péctica filtrada se precipitó con etanol (J. T. Baker®) al 96 % en una relación 1:2 v/v y se dejó en reposo durante 24 h a una temperatura de 4 °C. La pectina precipitada fue filtrada con tela tul, lavada con etanol al 70 y 96 % v/v. El gel péctico filtrado se colocó en un evaporador rotativo (Rotavapor®, R-100, suiza), para la evaporación de la disolución residual. La pectina filtrada se sometió a un secado (Scorpion Scientific®, A52040,

México) a una temperatura de 70 ° C hasta alcanzar peso constante y finalmente se pulverizó (Molino del Rey®, MSL1J, México) (Chasquibol *et al.* 2008; Roy *et al.* 2017).

2.4 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

El rendimiento de pectina extraída se calculó en base seca de materia prima de acuerdo con Seggiani *et al.* (2017):

$$\% \text{ de Red} = \frac{\text{Pectina pura (g)}}{\text{Peso prom. de cáscara en base seca (g)}} (100\%) \quad (1)$$

2.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

El peso equivalente (PE) y la acidez libre (AL) se determinaron realizando una titulación con NaOH (J. T. Baker®) 0.1 M, de acuerdo con la siguiente ecuación (Vargas *et al.* 2017):

$$PE = \frac{\text{mg componente ácido}}{\text{meq NaOH}} \quad (2)$$

Donde:

meq NaOH: meq. de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: mg de pectina

$$AL = \frac{\text{meq NaOH}}{\text{g componente ácido}} \quad (3)$$

Donde:

meq NaOH: meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: g de pectina

El porcentaje de metoxilo (%MeO), se determinó con la solución empleada para la determinación del peso equivalente y acidez, agregando NaOH (J. T. Baker®) 0.25 M, para desesterificar la pectina; la solución se neutralizó con HCl (J. T. Baker®) 0.25 M y se tituló con NaOH (J. T. Baker®) 0.1 M, para determinar el porcentaje de metoxilo, hasta el viraje de color a rojizo, calculándolo por medio de la siguiente ecuación (Vargas *et al.*, 2017).

$$\%MeO = \frac{\text{meq NaOH} * 31 * 100}{\text{mg componente ácido}} \quad (4)$$

Dónde:

31: peso molecular del metóxilo (CH₃O) expresado en mg meq⁻¹

meq. NaOH: meq de NaOH utilizados en la titulación

Componente ácido: Peso de la muestra (mg)

Para determinar el porcentaje de ácido anhidrogálgalacturónico (%AAG) se empleó la siguiente fórmula (Devi *et al.*, 2014).

$$\%AAG = \frac{176 \cdot 0.1z \cdot 100}{w \cdot 1000} + \frac{176 \cdot 0.1y \cdot 100}{w \cdot 1000} \quad (5)$$

Donde:

176: unidad molecular de AAG (1 unidad) expresada en g

z: mL (título) de NaOH empleados en la determinación del peso equivalente

y: mL (título) de NaOH empleados en la determinación del contenido de metoxilo

w: peso de la muestra.

El grado de esterificación (%GE) de la pectina se midió con base en su contenido de metoxilo y AAG, empleando la siguiente fórmula (Roy *et al.* 2017).

$$\%GE = \frac{176 \cdot \%MeO}{31 \cdot \%AAG} * 100 \quad (6)$$

Donde:

%MeO: Porcentaje de metoxilo

%AAG: Porcentaje de ácido anhidro galacturónico

176: unidad molecular de AAG (1 unidad) expresada en g

31: peso molecular del metoxilo (CH₃O) expresado en mg meq⁻¹

2.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones y se realizó un análisis de varianza de los resultados. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) con el software Minitab ® 18.1

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje rendimiento de la PCEL y PCEI presento diferencia estadísticamente significativa con valores de 42.2 y 48.7 %, respectivamente. Estos valores son superiores a los reportados por Roy *et al.* (2017), Rha *et al.* (2011) y Yapo (2009a) quienes mencionan 22.0, 16.7 y 13.0 % de rendimiento en la extracción de pectina a partir de cáscaras manzana Golden, pomelo y fruto amarillo de la pasión, respectivamente, lo cual podría atribuirse al pretratamiento de secado al que fue sometido la cáscara de limón persa.

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de las pectinas extraídas mediante el método de hidrólisis ácida y la pectina cítrica comercial.

Tabla 1.- Propiedades fisicoquímicas de pectina comercial y pectinas extraídas de cáscara de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka).

Parámetros	PCCP	PCEI	PCEL
PE (mg meq ⁻¹)	1349.8±144.4 ^a	1320.7±63.4 ^{ab}	1094.7±70.7 ^b
AL (meq mg ⁻¹)	0.746±0.08 ^a	0.758±0.04 ^b	0.916±0.06 ^b
MeO (%)	9.7±1.3 ^a	9.4±0.6 ^a	8.1±0.3 ^a
AAG (%)	68.0±6.4 ^a	66.6±2.6 ^a	61.8±2.3 ^a
GE (%)	80.6±3.5 ^a	80.1±1.7 ^{ab}	74.3±1.3 ^b

PCCP=Pectina Comercial Cítrica Pura; PCEI=Pectina Cáscara Extracción Industrial; PCEL=Pectina Cáscara Extracción Laboratorio; PE=Peso equivalente; AL=Acidez Libre; %MeO=Porcentaje de metoxilo; %AAG=Porcentaje de ácido anhidro galacturónico; % GE=Porcentaje de grado de esterificación.

*Letras diferentes en el sentido de las filas significan diferencia significativa entre las pectinas ($p \leq 0.05$).

La PCEL presento estadísticamente el menor PE (Tabla 1), sin embargo, es un valor superior al de la pectina obtenida a partir de cáscara de pomelo (540.04-711.33 mg meq⁻¹) e inferior a la obtenida en frutos de cacao (5091.04±77.6 mg meq⁻¹), Roy *et al.* 2017; Vargas *et al.* 2017; Castillo *et al.* 2015, reportan valores de 953.89 y 1503.16 mg meq⁻¹ en pectina extraída de cáscaras de plátano maduras e inmaduras, los cuales son similares a los obtenidos en las pectinas evaluadas en el presente estudio. Las diferencias en los pesos equivalentes pueden ser atribuida a la cantidad de ácidos libres, a la presencia azúcares o sustancias polifenólicas, así como a la cantidad de reacciones hidrolíticas del poligacturonano (Ramli y Asmawati, 2011, Barreto *et al.* 2017).

La PCEL presento significativamente una mayor AL con respecto a PCEI y PCCP (Tabla 1). Barreto *et al.* (2017) reportan un valor similar (0.86 meq g⁻¹) de AL en pectina extraída de frutos de mango (*Mangifera indica* L.). Por el contrario, Vargas *et al.*, (2017) y Quispe (2017) reportan valores de 0.20 y 1.5 meq g⁻¹, en pectina extraída de cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.) y cáscara de arveja, respectivamente. El aumento de la acidez libre de la PCEL puede atribuirse a un pH bajo, ya que se desesterifican los grupos carboxilos y su naturaleza se modifica disminuyendo su estado como forma de sales o esteres y aumentando su presencia como grupos ácidos (Barreto *et al.*, 2017).

El % MeO de las pectinas evaluadas no presentó diferencia significativa obteniendo un contenido promedio de 9.07 %, resultado similar a (Khamsucharit *et al.*, 2017), quienes reportan valores de 9.06 % en pectina extraída de cortezas de cítricos y de (Moura *et al.*, 2017), con valores de 9.08 % en pectina de cáscaras de fruto de la pasión; Sin embargo, (Azad *et al.*, 2014 y Barreto *et al.* 2017) mencionan contenidos de 10.25 % en pectina de limón prematuro y 11.80 % en pectina de mango (*Mangifera indica* L.). Las pectinas evaluadas se pueden considerar de alto metoxilo al presentar valores mayores al 7.0 %, siendo capaces de formar geles con alto contenido de azúcar (>

65 % de azúcar) por lo que su principal aplicación en la industria alimentaria es en la elaboración de postres y mermeladas (Castillo *et al.*, 2015).

El contenido de AAG no presentó diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre la pectina comercial y las pectinas extraídas de cáscara de limón persa (PCEL y PCEI). Contenidos similares de AAG fueron reportados en pectina de Plátano Kluai Nam Wa (66.67 %) y pectina de orujo de manzana (60.45 %) (Khamsucharit *et al.*, 2017, De Moura *et al.* 2017). En contraste, contenidos inferiores de AAG se han reportado en pectinas obtenidas de cáscara de naranja (37.11 %), frutos de cacao (12.5 %), cáscara de plátano inmaduro (39.68 %) y cáscara de limón maduro (34.14 %) (Cerón y Cardona, 2011, Azad *et al.* 2014, Castillo *et al.*, 2015; Vargas *et al.* 2017). De acuerdo con la (USP 2010), las PCCPL y PCEI se pueden considerar de alto grado de pureza al presentar un contenido de AAG mayor a 65 %. La baja pureza de la PCEL se puede atribuir a una mayor presencia de proteínas, almidón y azúcares (Ismail *et al.*, 2012).

La PCEL presentó un GE significativamente menor ($p \leq 0.05$) con respecto a la PCCP y PCEI. El % GE de la PCEL es similar a lo reportado por Cerón y Cardona (2011) para pectina extraída de cáscara de naranja (72.4 %), Azad *et al.*, (2014) en pectina de limón maduro (70.4 %) Castillo *et al.*, (2015) en pectina de cáscara de plátano inmaduro (75 %), Roy *et al.* (2017) en pectina de cáscara de pomelo con pH 1.5 (70.8 %) y Khamsucharit *et al.*, (2017) en pectina de plátano Kluai Nam Wa (72 %). En cambio, la PCCP y PCEI presentan un GE mayor a 80 %, presentado valores cercanos a estudio realizados en frutos de mango (81.2 %) por Barreto *et al.* (2017) y en pulpa fresca de café de la variedad robusta (81 %) por Díaz *et al.*, (2018).

La PCCP, PCEI y PCEL son consideradas de alto metoxilo, ya que dependiendo del grado de esterificación (GE), la pectina se divide en dos grupos: pectinas con GE más alto que 50 % se conoce como de metoxilo mientras pectinas de bajo metoxilo tiene un GE menor que 50 % (Khamsucharit *et al.*, 2017). Un alto grado de esterificación permite que la pectina forme un gel rápidamente a altas temperaturas, teniendo una acción más efectiva en el perfil lipídico (De Moura, *et al.*, 2017). Las diferencias en GE podrían estar relacionadas con la desesterificación de grupos éster metílico en la pectina durante la maduración del fruto, presumiblemente debido a un aumento en la actividad de la enzima pectinmetilesterasa (Yuliarti *et al.*, 2015).

4 CONCLUSIONES

Las pectinas extraídas a partir de cáscara de limón persa presentan propiedades similares a las pectinas cítricas de carácter comercial, específicamente por el alto metoxilo y grado de esterificación, es ultimo parámetro permite que la pectina forme un gel rápidamente a altas temperaturas, teniendo una acción más efectiva en el perfil lipídico, por tanto se pueden emplear

como aditivo en la industria de los alimentos. El aprovechamiento integral de estos residuos agroindustriales representaría una alternativa y disminución de los efectos negativos hacia el medio ambiente ocasionado por una disposición inadecuada. Finalmente, el procedimiento planteado, permite buscar a futuro ser un proceso y aplicación para el aprovechamiento de residuos agroindustriales provenientes del procesamiento de cítricos que son altamente producidos y procesados en México.

REFERENCIAS

- Alankay, M. M., Iturriaga, L. B., Quinzio, C. M., y Lobo, M. O. 2017. Extraction and physicochemical characterization of pectin from tomato processing waste. *Food Measure*. 11: 2119-2130.
- Azad, M. A., Ali, A. M., Akter, S. M., Rahman, J. M., y Ahmed, M. 2014. Isolation and characterization of pectin extracted from lemon pomace during ripening. *Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2(2): 30-35.
- Barreto, G., Púa, A., De Alba, D., y Pión, M. 2017. Extracción y caracterización de pectina de mango de azúcar (*Mangifera indica* L.). *Temas Agrarios*. 22(1): 77-84.
- Bhat, S. A., y Singh, E. R. 2014. Extraction and Characterization of Pectin from Guava Fruit Peel. *International Journal of Research in Engineering y Advanced Technology*. 2(3): 1-7.
- Castillo Israel, K., Baguio, S., Diasanta, M., Lizardo, R., Dizon, E., y Mejico, M. 2015. Extraction and characterization of pectin from Saba banana (*Musa saba*, *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*) peel wastes: A preliminary study. *International Food Research Journal*. 22(1): 202-207.
- Cerón, S., y Cardona, C. A. 2011. Evaluación del proceso integral para la obtención de aceite esencial y pectina a partir de la cáscara de naranja. *Ingeniería y Ciencia*. 7(13), 65-86.
- Chasquibol, N. S., Arroyo, E. B., y Morales, J. G. 2008. Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana. *Ingeniería Industrial*. 26: 175-199.
- De Moura, F., Macagnan, F., Dos Santos, L., Bizzani, M., Petkowicz, C., y Da Silva, L. 2017. Characterization and physicochemical properties of pectins extracted from agroindustrial by-products. *Journal of Food Science and Technology*. 54(10): 3111-3117.
- Devi, E. W., Shukla, R., Abraham, A., Jarpula, S., y Kaushik, U. 2014. Optimized Extraction Condition and Characterization of Pectin from Orange Peel. *International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology*. 2(2): 1-9.
- Díaz, M., Isaac, Á., Isaac, J., y Cabrales, C. 2018. Extracción y caracterización de pectina de pulpa de café de la variedad Robusta. *Revista Cubana de Química*. 30(3): 522-538.
- Fathollahi, I., Farmani, J., Kasaai, R., & Hamishehkar, H. 2019. Persian lime (*Citrus Latifolia*) seed oil obtained by enzyme-assisted aqueous extraction. *Advances In Food Sciences*, 41(4): 85–91.
- FAOSTAT (2022) Estadística de cultivos y productos. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>. Fecha de consulta: 05 de mayo de 2022.
- Khamsucharit, P., Laohaphatanalert, K., Gavinlertvatana, P., Sriroth, K., y Sangseethong, K. 2017. Characterization of pectin extracted from banana peels of different varieties. *Food Science Biotechnology*. 27(3): 623-629.
- Lado, J., Rodrigo, M.J., Zacarías, L. 2014. Maturity indicators and citrus fruit quality. *Stewart Postharvest Rev.* 10 (2), 1–6.
- Liu, Z., Pi, F., Guo, X., Guo, X., Yu, S. 2018. Characterization of the structural and emulsifying properties of sugar beet pectins obtained by sequential extraction. *Food Hydrocolloids*. 88: 31-42.
- Malacrida, C. R., Kimura, M., & Jorge, N. 2012. Phytochemicals and antioxidant activity of citrus seed oils. *Food Science and Technology Research*. 18(3): 399–404.

Masmoudi, M., Besbes, S., Abbes, F., Robert, C., Paquot, M., Blecker, C., y Attia, H. 2012. Pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice: effect of extraction conditions on chemical composition of pectins. *Food and Bioprocess Technology*. 5(2): 687-695.

Pillai, P., Stone, A., Guo, Q., Guo, Q., Wang, Q., & Nickerson, M. 2019. Effect of alkaline de-esterified pectin on the complex coacervation with pea protein isolate under different mixing conditions. *Food Chemistry*. 284: 227-235.

Pristijono, P., Bowyer, M.C., Papoutsis, K., Scarlett, C.J., Vuong, Q.V., Stathopoulos, C.E., Golding, J.B. 2019. Improving the storage quality of Persian limes (*Citrus latifolia*) by pre-storage UV-C irradiation. *J. Food Sci. Technol.* 56 (3), 1438–1444.

Raddatz-Mota, D., Franco-Mora, O., Mendoza-Espinoza, J. A., Rodríguez-Verástegui, L. L., Díaz de León-Sánchez, F., & Rivera-Cabrera, F. 2019. Effect of different rootstocks on Persian lime (*Citrus latifolia* T.) postharvest quality. *Scientia Horticulturae*. 257: 108716.

Ren, J.-N., Hou, Y.-Y., Fan, G., Zhang, L.-L., Li, X., Yin, K., & Pan, S.-Y. 2019. Extraction of orange pectin based on the interaction between sodium caseinate. *Food Chemistry*. 283: 265-274.

Rodsamran, P., Sothornvit, R. 2019. Microwave heating extraction of pectin from lime peel: Characterization and properties compared with the conventional heating method. *Food Chemistry*. 278: 364-372.

Roy, M. C., Majbaul, A., Abu, S., Bijoy, D. C., Md., M. B., Md., R. A., Maruf, A. 2017. Extraction and characterization of pectin from pomelo peel and its impact on nutritional properties of carrot jam during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42 (1): 1-9.

SIAP. 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas Agroalimentario 2012-2018. https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018. Fecha de consulta: 13 de marzo de 2022.

USP, T. U. 2010. United States.: Food Chemicals Codex Monographs.

Vargas, L. M., Forero, J. J., y Niño, M. R. 2017. Evaluación de la pectina extraída enzimáticamente a partir de las cáscaras del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. 20(1): 131-138.

Yapo, B. M. 2009. Biochemical Characteristics and Gelling Capacity of Pectin from Yellow Passion Fruit Rind as Affected by Acid Extractant Nature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1(57): 1572-1578.

Yuliarti, O., Merino, L., Goh, K., Mawson, J., Williams, M., y Brennan, C. 2015, Characterization of gold kiwifruit pectin from fruit of different maturities and extraction methods. *Food Chemistry*. 166: 479-485.

Zapata, A. D., Escobar, C. G., Cavalito, S. F., y Hours, R. A. 2008. Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa. *Vitae*. 16(1): 67-74.