

Artículo Revisión

Pectina De Cáscara De Maracuyá (*Passiflora Edulis*): Métodos De Extracción Y Aplicación En La Industria Alimentaria

Pectin From Passion Fruit Peel (*Passiflora Edulis*): Extraction Methods And Its Application In The Food Industry

Torres Ochoa Astrid¹, Taron Dunoyer Arnulfo ², *Quintana Somaris E^{1*}

¹ Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos (IFCRA). Programa de Ingeniería de Alimentos. Cartagena. Colombia. ✉Correo electrónico: atorreso2@unicartagena.edu.co,  Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-7398-7586>; ✉Correo electrónico: squintanam@unicartagena.edu.co,  Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4716-0354>

² Universidad de Cartagena. Facultad de Ingeniería. Grupo de Investigación en biotecnología, Alimentos y educación. (GIBAE). MSc. Programa de Ingeniería de Alimentos. Cartagena. Colombia. * ✉Correo electrónico: atarond@unicartagena.edu.co,  Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6942-4480>.

Recibido: diciembre 12 de 2024; Aceptado: marzo 30 de 2025; Publicado: abril 01 de 2025

RESUMEN

La cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) es un subproducto que ha sido reconocido como fuente de pectina con propiedades funcionales, tecnológicas y una alternativa a la pectina convencional. Para su obtención, investigaciones han demostrado que se pueden utilizar diferentes métodos de extracción, donde los parámetros del proceso influyen sobre su composición y calidad. La pectina como aditivo en el desarrollo de alimentos es de gran importancia para la elaboración de diferentes productos. Esta revisión indaga sobre la composición de la pectina de cáscara de maracuyá, métodos de extracción y su aplicación en la industria alimentaria.

Palabras claves: *Passiflora edulis*, métodos de extracción, pectina, aditivo.

ABSTRACT

Passion fruit peel (*Passiflora edulis*) is a by-product that has been recognized as a source of pectin with functional and technological properties and an alternative to conventional pectin. In order to obtain it, research has shown that different extraction methods can be used, where the process parameters influence its composition and quality. Pectin as an additive in food development is of great importance for the elaboration of different products. This review investigates the composition of passion fruit peel pectin, extraction methods and its application in the food industry.

* autor de correspondencia: Quintana Somaris E1✉ correo electrónico: squintanam@unicartagena.edu.co



keywords: *Passiflora edulis*, extraction methofs, pectin, additiver.

INTRODUCCIÓN

La maracuyá (*Passiflora edulis*) hace parte de la familia *Passifloraceae*, con alrededor de 700 especies(M. Zhao *et al.*, 2022). Es un fruto de regiones subtropicales y tropicales del mundo, conocida también como el fruto de la pasión, y popular entre los consumidores por su llamativo color amarillo, exótico sabor y propiedades nutricionales (Molina-Hernández *et al.*, 2019).

El proceso de transformación de la maracuyá se da principalmente en la

industria de bebidas para la producción de jugos, lo que genera gran cantidad de subproducto siendo la cáscara de mayor proporción ya que representa entre un 50 y 60% del peso total de la fruta, algunas veces se emplea como alimento para animales pero generalmente son desechadas, lo que ocasiona una gran carga ambiental sobre los ecosistemas y un desaprovechamiento de recursos biológicos (Sánchez y Caballero, 2019; Dos Santos *et al.*, 2021; Yun *et al.*, 2023; Soto *et al.*, 2023).

La cáscara, en su composición posee variedades de azúcares neutros como manosa, glucosa, ramnosa, arabinosa y fucosa, sin embargo, el componente fundamental es el ácido galacturónico que al formar cadenas entre ellos dan lugar a la pectina, esta posee diferentes actividades biológicas como efecto prebiótico y reductor de colesterol (Hu *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2022; Caballero, *et al.*, 2023a; Caballero, *et al.*, 2023b). Es por ello que la composición y estabilidad de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá genera gran atracción como una alternativa de aditivo alimentario, ya que esta podría aportar a la disminución de costos en los productos donde se puede emplear, y presenta propiedades tecnológicas como espesante, gelificante, emulsionante y estabilizador, son características de la pectina de cáscara de maracuyá, pero estas varían según el método de extracción utilizado (Silva y de Resende, 2023). Esta revisión resume estudios recientes sobre la composición y propiedades tecnológicas de la pectina de cáscara de *P. edulis* extraída con diferentes métodos, y su aplicación en la industria alimentaria.

COMPOSICIÓN DE LA CÁSCARA DE MARACUYÁ

La composición de cualquier fruto está directamente relacionado por las condiciones de cosecha y su grado de madurez (Haro *et al.*, 2020). Bajo circunstancias adecuadas y en pleno grado de madurez en la cáscara de maracuyá se hallan minerales, tales como: calcio, magnesio, potasio, boro y manganeso (Dos Reis *et al.*, 2018). Fitatos, taninos y polifenoles son antioxidantes que también se encuentran en ella (Ilesanmi y Olaleke, 2017).

En cuanto al contenido de fibra dietética soluble e insoluble, Chuqui-Diestra y Paucar-Menacho (2021) obtuvieron 14,76 % y 43.53 % respectivamente, mientras que Abboud *et al.*, (2019) utilizando el mismo método oficial AOAC 991.43, reportaron 20 % para fibra soluble y 58 % para insoluble; diferencia que puede presentarse por las condiciones mencionadas con anterioridad. La composición de los monosacáridos de polisacáridos presentes en la cáscara de maracuyá (*passiflora edulis*) dependen del método con que sean extraídos (Tabla 1). Empleando la extracción optimizada de oxalato de amonio asistida por ultrasonido se obtiene mayor galactosa (7.39 mol %) y glucosa (53.46 mol %) en comparación con el resto de métodos, sin embargo, no exhibe presencia de xilosa y Manosa (R. Guo *et al.*,

2020); Por otro lado, al contrastar con la extracción asistida por ultrasonido se evidencia que el porcentaje de ácido D-galacturónico (A. Gal) es menor, demostrando que una variación en el método tiene influencia directa sobre los componentes al final de la extracción.

El ácido D-galacturónico es la molécula principal de la pectina ya que representa el

70 % de la ella (Siamphan *et al.*, 2022). La extracción acida en comparación con los demás métodos muestra una relevante diferencia en el contenido de A. Gal, esto esta estrechamente relacionado con las condiciones del pretratamiento y tratamiento que se apliquen a la materia de estudio, debido a que influye sobre la composición exacta (Perpelea *et al.*, 2022).

Tabla 1. Composición de monosacáridos de cáscara de maracuyá (*passiflora edulis*).

Método de extracción	Monosacáridos mol%							Referencia
	Gal	Xil	Man	Gls	Ara	Ram	A.Gal	
EAU	6.73	4.17	3.02	13.27	6.91	4.95	60.95	(Teng <i>et al.</i> , 2022)
ESL	4.76	12.85	3.55	35.72	6.84	-	36.28	(Teng <i>et al.</i> , 2022)
EOAU	7.39	-	-	53.46	7.60	5.10	25.39	(Guo <i>et al.</i> , 2020)
EA	3.10	-	0.54	0.82	15.74	1.39	78.41	(Liang <i>et al.</i> , 2022)
PTAM	6.55	-	0.99	5.5	25.1	9.16	34.61	(Zhao <i>et al.</i> , 2023)

EAU, Extracción asistida por ultrasonido; ESL, extracción sólido-líquido; EOU, Extracción optimizada de oxalato de amonio asistida por ultrasonido; EA, Extracción acida; PTAM, Partición trifásica asistida con microondas.

EXTRACCIÓN DE PECTINA

En el proceso de extracción de pectina convencionalmente se utiliza agua caliente y un medio acido o alcalino que favorece la liberación de pectina de la pared celular, el calentamiento prolongado de esta técnica puede causar una degradación térmica, afectando la calidad de la pectina y

generando aguas residuales (Kazemi *et al.*, 2019; Tsuru *et al.*, 2021). Con la finalidad de disminuir el tiempo del procedimiento se han empleado métodos de extracción modernos, eficientes y amigables con el medio ambiente, en la tabla 2 se presentan diferentes estudios donde se utilizan métodos de extracción como la extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida

por microondas, extracción con solventes presurizados y extracción enzimática.

En la ejecución de los métodos de extracción se tienen en cuenta las condiciones del proceso en vista de que de ellas depende la calidad de la pectina que se obtenga. Los parámetros regulados son la temperatura, pH, tiempo, tipo de solvente o enzima extractora, potencia para el caso que sea requerido y la proporción sólido-líquido de la solución (Pérez, et al., 2017; Pierucci et al., 2019; Pham Tan, 2020; Calsada et al., 2022).

La mayoría de los estudios revisados (Tabla 2) no especifican el PH de la solución extractora, pero de los que sí, trabajaron con pH ácido que van desde 2.0 a 5.0; esto se debe porque el medio ácido ayuda a disminuir la repulsión electrostática entre las cadenas pépticas de alto metoxilo por la protonación de los grupos carboxilo (Abboud et al., 2020).

El grado de esterificación (GE) también fue reportado por pocos estudios, este representa las unidades de ácido galacturónico que se esterifican con metilo, si el resultado es menor a 50 % se considera pectina de bajo metoxilo y si es superior se considera pectina de alto metoxilo(W. ling Liang et al., 2022). La extracción asistida por microondas evaluada por Yen y Quoc. (2021) dio como resultado

un GE del 93,7 %, implicando que lograron extraer una pectina de alto metoxilo. En la investigación de Israel et al., (2019) encontraron que mediante la extracción enzimática la pectina obtenida clasifica como bajo metoxilo solo por un 0.92%. Del resto de los métodos que reportaron GE, todos consiguieron pectinas de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) de alto metoxilo.

La mayoría de los estudios revisados utilizan hidrolisis acida para la extracción, se evidencia el uso mayoritario de ácido nítrico (HNO_3), aunque Talma et al., (2019) y Silva y de Resende. (2023) aplicaron las mismas condiciones de extracción (T:80°C, Solvente: HNO_3 , t:4min), el rendimiento y el GE fueron diferentes, siendo Silva y de Resende. (2023) quien mostró mejores resultados, aunque, en vista de que el parámetro de pH no fue mencionado por ninguno de los dos estudios, se podría decir que la diferencia radica en ello, ya que el rendimiento en cuanto al pH disminuye en dos situaciones, cuando hay aumento de la acidez ($\text{pH} < 2.0$) porque puede ocasionar la hidrolisis de la protopectina en pectina soluble promoviendo su degradación, y cuando hay una disminución de acidez ($\text{pH} > 2.0$) debido a que el medio no actúa lo suficiente sobre la protopectina impidiendo

extraer partes de pectina unidas a la pared celular (Aline de Moura *et al.*, 2020).

En la hidrolisis acida también se constata que el tiempo y la temperatura del proceso dependerán del solvente que se utilice, a temperatura alta se puede apresurar la rapidez de difusión de algunos compuestos de extracción al entorno afectando así al rendimiento (Klinchongkon *et al.*, 2018).

Por otro lado, Urango-Anaya *et al.*, (2018) con la extracción asistida por microondas con solvente HCl logró el mejor rendimiento (68.73 %) de todos los estudios analizados en la tabla 2, sugiriendo una buena alternativa para la extracción de pectina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*), sin embargo, al no establecer el GE de la pectina no se sabe con exactitud cuál es la calidad de ella; Yen y Quoc. (2021) utilizaron el mismo método de extracción, pero con NaOH, por el contrario, si calcularon el GE (93.7 %), mostrando que a pesar de tener menor rendimiento que el estudio anterior, la pectina extraída tuvo un alto porcentaje de esterificación, implicando que solo hubo una leve perdida de metoxilos que tenía esterificados con anterioridad.

de Souza *et al.*, (2018) evaluaron las extracciones con solvente presurizado optimizada con hidrolisis acida (HASP) y extracción por ultrasonido optimizada con

hidrolisis acida (EUOHA), con igual tiempo de tratamiento y tipo de solvente, el rendimiento para ambos no muestra diferencia alguna con los de la extracción de hidrolisis acida convencional. La extracción ultrasónica con ácido bajo los parámetros de T:50°C, W:180, t:70min, C₆H₈O₇, evaluado por Jinxiu *et al.*, (2022) indicó un rendimiento un poco más alto (14.82 %), aunque, este resultado también se mantiene en el rango de las extracciones por hidrolisis acida plasmadas en la tabla 2. A causa de esto se puede decir que la utilización de ultrasonido como optimización del proceso no refleja mejores resultados que la extracción convencional de hidrolisis acida, pero al emplear menos tiempo de tratamiento se reducirá el gasto energético. Otro método que representa un ahorro de energía es la extracción enzimática, puesto que a comparación de los otros métodos las temperaturas que se emplean en este son las más bajas, la enzima que se utilice será un parámetro directamente relacionado con los resultados finales. La α-amilasa fue la enzima utilizada por Israel *et al.*, (2019) para la extracción de pectina de cáscara de maracuyá, dando un porcentaje de rendimiento (13.32 %) un poco más bajo que la extracción con protopectinasa-se (15.9 %) utilizada por Vasco-Correa y Zapata Zapata. (2017), este empleo una

temperatura de tratamiento de 30 °C mientras que α -amilasa fue tratada a 45 °C, de ahí que la diferencia se pudiera presentar porque la enzima no era estable a esa temperatura.

Por otro lado, el extractor flash es un equipo moderno que consta de cuchillas perpendiculares que al girar a altas

velocidades cortan el material de estudio y mediante un vórtice formado por el flujo de la solución extractora hace que los componentes solubles se liberen a bajas temperaturas, para este caso los parámetro a tener en cuenta son: la velocidad de rotación, tiempo de extracción y proporción sólido-líquido (Lin *et al.*, 2021).

Tabla 2. Métodos y condiciones de extracción de pectina de cáscara de maracuyá.

Métodos de Extracción	Condiciones de Extracción							Referencia
	T °C	Solvente o enzima de extracción	Ph	t min	potencia W	GE %	Rend. %	
EAM	76	-	3	99	300	-	13,98	(Thu Dao <i>et al.</i> , 2021)
	-	NaOH	-	7	376	93,7	14,5	(Yen & Quoc, 2021)
	-	HCl	2	2	800	-	68,73	(Urango-Anaya <i>et al.</i> , 2018)
HASP	80	CH ₃ OH / C ₆ H ₈ O ₇	-	30	-	-	18,8	(de Souza <i>et al.</i> , 2018)
EUOHA	80	CH ₃ OH / C ₆ H ₈ O ₇	-	30	135	-	13,7	(de Souza <i>et al.</i> , 2018)
HA	98	CH ₃ COOH	-	90	-	-	23	(Freitas <i>et al.</i> , 2018)
	80	HNO ₃	-	40	-	68	24,9	(Silva y de Resende, 2023)
	80	HNO ₃	-	40	-	59,5	16,7	(Talma <i>et al.</i> , 2019)
	70	HNO ₃	2	60	-	-	12,3	(Tuyet y Sen, 2019)
	95	C ₆ H ₈ O ₇	-	50	-	-	32,49	(Trung <i>et al.</i> , 2022)
EE	85	C ₆ H ₈ O ₇	-	90	-	50,74	16,6	(Nguyen <i>et al.</i> , 2022)
	30	H ₂ SO ₄	-	60	-	-	19,9	(Bussolo de Souza <i>et al.</i> , 2018)
	30	Protopectina sa-se	5	120	-	-	15,9	(Vasco-Correa y Zapata Zapata, 2017)
	45	α -amilasa	4,4	120	-	49,09	13,32	(Israel <i>et al.</i> , 2019)

EAM, extracción asistida por microondas; HASP, extracción con solvente presurizado optimizado con hidrolisis acida; EUOHA, extracción por ultrasonido optimizada con hidrolisis acida; HA, hidrolisis acida; EE, extracción enzimática.

La extracción de pectina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) mediante extracción flash fue realizada por Lin *et al.*, (2020). El porcentaje de pectina aumenta con la velocidad de rotación debido a que se incrementa la turbulencia del fluido y los cortes son más fuertes dando lugar a la liberación de pectinas, cabe resaltar que al llegar a un límite de velocidad el rendimiento disminuye; el rendimiento fue de 7.52 %, bastante bajo en comparación a las otras técnicas, posiblemente se presentó una descomposición parcial de la pectina libre durante la extracción. Por otra parte, el grado de esterificación estuvo en 57.02 % implicando que era una pectina de alto metoxilo.

Otra alternativa para la extracción de pectina es mediante sistema bifásico acuoso, un proceso líquido-líquido, donde se pueden combinar polímero-polímero o polímero-sal, alcoholes o líquidos iónicos, en este proceso influye el tipo de sal que se use para la solución bifásica acosa (Morales *et al.*, 2022).

El carbonato de potasio fue utilizado para la extracción bifásica acuosa de pectina de cáscara de maracuyá, dando como resultado un rendimiento de 53.73 % y un grado de esterificación de 74.67 %, exhibiendo una pectina de alto metoxilo (Vo

et al., 2020); en comparación con los datos de la Tabla 2, este método se puede considerar como el mejor para la extracción de pectina de cáscara de maracuyá.

APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

La pectina ha sido utilizada en la industria alimentaria como un aditivo gracias a su capacidad para espesar, gelificar y estabilizar, contribuyendo a la textura y consistencia de los productos en los que se aplica (López y Mefleh, 2020). Además, por su contenido de fibra dietaria aporta beneficios a la salud en el tracto digestivo, en la disminución de glucosa y colesterol en sangre (X. Guo *et al.*, 2023).

La influencia de la pectina de cáscara de maracuyá presente en un 25 % de la formulación total de postres mousse tuvo un resultado de tal forma que la cantidad de azúcar utilizada para alcanzar los 65 °Brix adecuados de gelificación fue menor en relación con la pectina comercial, lo que representa su poder gelificante, mostrando propiedades organolépticas aceptadas mediante una evaluación de escala hedónica con una calificación de 8 en un rango de 1 a 9 (Rea Jara *et al.*, 2021).

Mendes *et al.*, (2021) fabricaron harina de cáscara de maracuyá, la cual contenía un 88.2% de pectina de bajo metoxilo, indicando que para la formación de gel debe tener presencia de calcio y no requiere contenido de azúcar. Además en su estudio citan a Ramos *et al.*, (2007), quienes incluyeron en la dieta de mujeres con hipocolesterolémia 30g de harina de cáscara de maracuyá diaria durante dos meses, dando como resultado una disminución del colesterol total y LDL, esto demuestra sus efectos benéficos sobre la salud.

Por otro lado, la harina de cáscara de maracuyá fue empleada por Ning *et al.*, (2021) para fortificar galletas de harina de trigo, encontrando que agregarla en un 6% aumentaba la fibra dietaria total, no afectaba significativamente su espesor, diámetro, ni sabor, sumado a ello, mejoró el contenido de compuestos fenólicos y proporcionó actividad antioxidante, aunque notaron una textura un poco más dura y un leve oscurecimiento.

En la elaboración de mermeladas también se ha examinado el uso de pectina de

CONCLUSIÓN

La pectina de cáscara de *passiflora edulis* funciona como un aditivo en la industria

cáscara de maracuyá, como es el caso de Sabino *et al.*, (2018), quienes la aplicaron en mermelada de maracuyá con pimiento biquinho (*Capsicum chinense*), dando lugar a una mermelada de 70.5 °Brix, presencia de carotenoides (10.74µg/g) y pH 3.0, no tuvo efecto negativo sobre el color. Asimismo, Resosemito *et al.* (2020) utilizaron esta pectina para la elaboración de mermelada de maracuyá con pimienta malagueta (*Capsicum frutescens*), el pH fue 3.2 y 75.6 °Brix, este último un poco más alto que el anterior posiblemente porque agregaron más cantidad de azúcar, para ambos estudios los °Brix estaban dentro de lo establecido por la norma (>65); la textura, consistencia, sabor y aroma obtuvieron buenos puntajes en el test de aceptación. Se podría decir que parte de las propiedades sensoriales (sabor y aroma) no se ven comprometidas ya que las dos mermeladas son a base de pulpa de maracuyá, se debería experimentar con otra fruta para la elaboración de mermelada e identificar si estos atributos se ven o no afectados.

alimentaria gracias a que está compuesta por polisacáridos ricos en ácido

galacturónico, otorgándole propiedades tecnológicas que varían dependiendo de las condiciones de extracción, ya que el grado de esterificación se ve comprometido por ello. A pesar de la implementación de diferentes métodos de extracción los más eficientes son la hidrolisis acida y la extracción asistida por microondas. Su uso

en postres mousse, harina y mermeladas fue efectivo, brindando propiedades tecnológicas y funcionales, sin embargo, en la bibliometría realizada se evidencio que la aplicación de pectina de cáscara de maracuyá es reducida para la formulación de alimentos.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFICAS

Abboud, K. Y., da Luz, B. B., Dallazen, J. L., Werner, M. F. de P., Cazarin, C. B. B., Maróstica Junior, M. R., Iacomini, M., & Cordeiro, L. M. C. (2019). Gastroprotective effect of soluble dietary fibres from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) peel against ethanol-induced ulcer in rats. *Journal of Functional Foods*, 54, 552–558. <https://doi.org/10.1016/J.JFF.2019.02.003>

Abboud, K. Y., Iacomini, M., Simas, F. F., & Cordeiro, L. M. C. (2020). High methoxyl pectin from the soluble dietary fiber of passion fruit peel forms weak gel without the requirement of sugar addition. *Carbohydrate Polymers*, 246, 116616. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2020.116616>

Aline de Moura, F., Macagnan, F. T., Lúcia de Oliveira Petkowicz, C., & Picolli da

Silva, L. (2020). Partially hydrolyzed pectin extracted from passion fruit peel: Molar mass and physicochemical properties. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 21, 100206. <https://doi.org/10.1016/J.BCDF.2019.100206>.

Bussolo de Souza, C., Jonathan, M., Isay Saad, S. M., Schols, H. A., & Venema, K. (2018). Characterization and in vitro digestibility of by-products from Brazilian food industry: Cassava bagasse, orange bagasse and passion fruit peel. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 16, 90–99. <https://doi.org/10.1016/J.BCDF.2018.08.001>

Caballero Pérez, L. A. Hernández Monzón, A. Tejedor Arias, R. y Montes Montes, E. J. Caracterización de mezclas de materiales poliméricos naturales para

- encapsulación, mediante secado por aspersión, RCTA, vol. 1, n.^o 41, pp. 1–11, may 2023. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i41.2412>.
- (Passiflora edulis SIMS). *Tayacaja*, 4(2), 103–110. <https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i2.177>
- Caballero Pérez L A., Tejedor Arias R, Salas Osorio EJ. Supervivencia de un cultivo mixto de cepas probióticas microencapsuladas frente a la barrera gastrointestinal in vitro. Rev. Cient. FCV-LUZ [Internet]. 13 de octubre de 2023 [citado 2 de abril de 2025];33(2):9. <https://doi.org/10.52973/rcfcv-e33296>.
- Disponible en: <https://produccioncientificaluз.org/index.php/cientifica/article/view/40988>
- Calsada Uribe Nataly Jullyet.; Caballero Pérez Luz Alba; Soto Tolosa Erika Paola. (2022). Elaboración de una barra proteica con recubrimiento de un gel energético a base de café. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 2. Pp: 5 - 23. <https://doi.org/10.24054/limentech.v20i2.2282>.
- Chuqui-Diestra, S. R., & Paucar-Menacho, L. M. (2021). Caracterización fisicoquímica, funcional y reológica de harina de cáscara de maracuyá De Souza, C. G., Rodrigues, T. H. S., e Silva, L. M. A., Ribeiro, P. R. V., & de Brito, E. S. (2018). Sequential extraction of flavonoids and pectin from yellow passion fruit rind using pressurized solvent or ultrasound. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1362–1368. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8601>
- Dos Reis, L. C. R., Facco, E. M. P., Salvador, M., Flôres, S. H., & de Oliveira Rios, A. (2018). Antioxidant potential and physicochemical characterization of yellow, purple and orange passion fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 55(7), 2679–2691. <https://doi.org/10.1007/S13197-018-3190-2/TABLES/5>
- Dos Santos, E. A., Chaves Ribeiro, A. E., Barcellos, T. T., Monteiro, M. L. G., Mársico, E. T., Caliari, M., & Soares Júnior, M. S. (2021). Exploitation of byproducts from the passion fruit juice and tilapia filleting industries to obtain a functional meat product. *Food Bioscience*, 41, 101084.

- <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101084>
- Freitas, C. M. P., Sousa, R. C. S., Dias, M. M. S., & Coimbra, J. S. R. (2018). Extraction of pectin from passion fruit rind (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener) for edible coating. *Food Engineering Reviews*, 12(4), 460–472.
<https://doi.org/10.1007/s12393-020-09254-9>
- Guo, R., Tian, S., Li, X., Wu, X., Liu, X., Li, D., Liu, Y., Ai, L., Song, Z., & Wu, Y. (2020). Pectic polysaccharides from purple passion fruit peel: A comprehensive study in macromolecular and conformational characterizations. *Carbohydrate Polymers*, 229, 115406.
<https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2019.115406>
- Guo, X., Zhang, X., Ying, X., Ma, A., Li, Z., Liu, H., & Guo, Q. (2023). Fermentation properties and prebiotic potential of different pectins and their corresponding enzymatic hydrolysates. *Food Hydrocolloids*, 143, 108878.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2023.108878>
- Haro, J., Fonseca, G., & Zamora, P. (2020). Caracterización y Tipificación De La Cadena Agroproductiva Del Cultivo De Maracuyá (*passiflora edulis* L) Pedernales, Manabí, Ecuador/Characterization and Typification of the Agroproductive Chain of Maracuya Cultivation (*passiflora edulis* L) Pedernales, M. *KnE Engineering*, 2020, 697–716–697–716.
<https://doi.org/10.18502/KEG.V5I2.6292>
- Hu, M., Du, J., Du, L., Luo, Q., & Xiong, J. (2020). Anti-fatigue activity of purified anthocyanins prepared from purple passion fruit (*P. edulis* Sim) epicarp in mice. *Journal of Functional Foods*, 65, 103725.
<https://doi.org/10.1016/J.JFF.2019.103725>
- Ilesanmi, E., & Olaleke, M. (2017). *Chemical composition of the raw fruit coat, seed and pulp of passion fruit (*Passiflora edulis*)*.
https://www.researchgate.net/publication/318227292_Chemical_composition_of_the_raw_fruit_coat_seed_and_pulp_of_passion_fruit_Passiflora_edulis
- Israel, K. A. T. C., Amian, J. F. R., Garibay, Z. J. S., Lyeza, V. E. B., & Sarte, A. J. T. (2019). A Comparative Study On Characteristics Of Pectins From Various Fruit Peel Wastes Extracted Using Acid

- And Microbial Enzymes. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(2), 216–221.
<https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.216-221>
- Jinxiu, W., Qingqing, Z., Xinyi, X., Qian, X., Qingxi, C., Jinxiu, W., Qingqing, Z., Xinyi, X., Qian, X., & Qingxi, C. (2022). Optimization of Response Surface for Ultrasonic Acid Extraction of Pectin from Passion Fruit Peel and Its Antioxidant Activity. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, Vol. 43, Issue 13, Pages: 162-170, 43(13), 162–170.
<https://doi.org/10.13386/J.ISSN1002-0306.2021090363>
- Kazemi, M., Khodaiyan, F., & Hosseini, S. S. (2019). Eggplant peel as a high potential source of high methylated pectin: Ultrasonic extraction optimization and characterization. *LWT*, 105, 182–189.
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2019.01.060>
- Klinchongkon, K., Khuwijitjaru, P., & Adachi, S. (2018). Properties of subcritical water-hydrolyzed passion fruit (*Passiflora edulis*) pectin. *Food Hydrocolloids*, 74, 72–77.
- <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2017.07.034>
- Liang, W. ling, Liao, J. song, Qi, J. R., Jiang, W. xin, & Yang, X. quan. (2022). Physicochemical characteristics and functional properties of high methoxyl pectin with different degree of esterification. *Food Chemistry*, 375, 131806.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2021.131806>
- Liang, Y., Yang, Y., Zheng, L., Zheng, X., Xiao, D., Wang, S., Ai, B., & Sheng, Z. (2022). Extraction of Pectin from Passion Fruit Peel: Composition, Structural Characterization and Emulsion Stability. *Foods*, 11(24).
<https://doi.org/10.3390/FOODS11243995>
- Lin, Y., An, F., He, H., Geng, F., Song, H., & Huang, Q. (2021). Structural and rheological characterization of pectin from passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) peel extracted by high-speed shearing. *Food Hydrocolloids*, 114, 106555.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2020.106555>
- Lin, Y., He, H., Huang, Q., An, F., & Song, H. (2020). Flash extraction optimization

- of low-temperature soluble pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) and its soft gelation properties. *Food and Bioproducts Processing*, 123, 409–418. <https://doi.org/10.1016/J.FBP.2020.07.015>
- López, Y., & Mefleh, H. (2020). *Obtención de pectina a partir de la cáscara de maracuyá, fuente para la elaboración de plástico biodegradable*. 9. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/3018/3276>
- Mendes, R. M. L., Santos, M. R., Ribeiro, E., Mendes, R. M. L., Santos, M. R., & Ribeiro, E. (2021). Produção Da Farinha Da Casca De Maracujá Amarelo (*Passiflora Edulis*) E Maracujá Da Caatinga (*Passiflora Cincinnata*)Para Extração De Pectina E Aplicações Na Indústria De Alimentos. *Avanços Em Ciência E Tecnologia De Alimentos - Volumen 3*, 3(1), 226–235. <https://doi.org/10.37885/210203006>
- Molina-Hernández, J. B., Martínez-Correa, H. A., Andrade-Mahecha, M. M., Molina-Hernández, J. B., Martínez-Correa, H. A., & Andrade-Mahecha, M. M. (2019). Potencial Agroindustrial del Epicarpo de Maracuyá como Ingrediente Alimenticio Activo. *Información Tecnológica*, 30(2), 245–256. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000200245>
- Morales, Y., Navarro, D., Ávila, & Mario. (2022). Extracción de HNO₃ con sistemas bifásicos acuosos. *Jóvenes En La Ciencia*. <https://www.jovenesenlacienca.ugto.mx/index.php/jovenesenlacienca/article/view/3774/3267>
- Nguyen, T. T. T., Le, T. Q., Nguyen, T. T. A., Nguyen, L. T. M., Nguyen, D. T. C., & Tran, T. Van. (2022). Characterizations and antibacterial activities of passion fruit peel pectin/chitosan composite films incorporated Piper betle L. leaf extract for preservation of purple eggplants. *Helijon*, 8(8). <https://doi.org/10.1016/j.helijon.2022.e10096>
- Ning, X., Wu, J., Luo, Z., Chen, Y., Mo, Z., Luo, R., Bai, C., Du, W., & Wang, L. (2021). Cookies fortified with purple passion fruit epicarp flour: Impact on physical properties, nutrition, in vitro starch digestibility, and antioxidant activity. *Cereal Chemistry*, 98(2), 328–336. <https://doi.org/10.1002/CCHE.10367>

Perpelea, A., Wijaya, A. W., Martins, L. C., Rippert, D., Klein, M., Angelov, A., Peltonen, K., Teleki, A., Liebl, W., Richard, P., Thevelein, J. M., Takors, R., Sá-Correia, I., & Nevoigt, E. (2022). Towards valorization of pectin-rich agro-industrial residues: Engineering of *Saccharomyces cerevisiae* for co-fermentation of d-galacturonic acid and glycerol. *Metabolic Engineering*, 69, 1–14.
<https://doi.org/10.1016/J.YMBEN.2021.10.001>

Pham Tan, L. (2020). *Microwave-Assisted Extraction of Pectin from Passion Fruit Peels under Alkaline Conditions / Request PDF.* 45–50.
https://www.researchgate.net/publication/359644167_Microwave-Assisted_Extraction_of_Pectin_from_Passion_Fruit_Peels_under_Alkaline_Conditions

Pérez, A., Vitola, D.; Villarreal, J.; Noya Barreto, M.; Pérez Pérez Y.; Ramírez Sevilla, A.; Rangel Pérez, M. (2017). Actividad antimicrobiana de aceites esenciales de naranja dulce (*citrus sinensis*) y limón criollo (*citrus aurantifolia*) como control en el aňublo bacterial de la panícula del arroz. *Revista*

@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaría. ISSN:1692-7125. Volumen 15 N°2. Pp. 28 – 44

Pierucci, S., Piazza, L., Moia, T. A., Pimentel, T. C., Barão, C. E., Feirrmann, A. C., Favareto, Reis, R., A. V., & Cardozo-Filho, L. (2019). Bioactive Compounds and Pectin from Residues of the Passion Fruit Processing: Extraction using Green Technology and Characterization. *Chemical Engineering Transactions*, 75.
<https://doi.org/10.3303/CET1975027>

Ramos, A. T., Auxiliadora, M., Cunha, L., Sabaa-Srur, A. U. O., Cavalcanti, V., Pires, F., Aparecida, M., Cardoso, A., De, M., Diniz, F. M., Campos, C., & Medeiros, M. (2007). Uso de *Passiflora edulis f. flavicarpa* na redução do colesterol. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17(4), 592–597.
<https://doi.org/10.1590/S0102-695X2007000400019>

Rea Jara, L. C., Moreno, A. M., & Logroño Veloz, M. A. (2021). Determination of the Gelling Power of Maracuyá Shell Pectin Extracted in a Medium Acid and Its Application in Desserts. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of*

S.T.E.A.M., 1(6), 33–43.
<https://doi.org/10.18502/epoch.v1i6.9637>

Resosemito, F. S., Xavier, T. A. L., Sousa, I. V. de O., Rojas, M. O. A. I., Ferreira, F. das C. da S., Bezerra, M. do S. dos S., Ferreira, D. S., & Kasantaroeno, K. G. A. (2020). Aproveitamento Da Casca De Maracujá Na Elaboração De Geléia De Maracujá Com Pimenta Malagueta (*Capsicum Frutescens*): Formulação, Preparação, Caracterização Físico-Química E Avaliação Sensorial. *Brazilian Journal of Development*, 6(9), 68617–68623.

<https://doi.org/10.34117/BJDV6N9-344>

Sabino, L. H., De, A. L., Miranda, S., De, A. M., Araújo, A., & De Oliveira, I. R. N. (2018). Desenvolvimento E Caracterização De Geleia De Maracujá (*Passiflora Edulis*) Com Pimenta Biquinho (*Capsicum Chinense*) Utilizando Pectina Da Casca Do Maracujá.

Sánchez C., Mónica Alejandra y Caballero P. Luz Alba. (2019). Uso de cristales de aloe vera (*aloe barbadensis miller*) en la elaboración de un relleno líquido para bombón de chocolate. Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN 1692-7125. Volumen 17 N° 1. Pp: 80 - 93. DOI:

<https://doi.org/10.24054/limentech.v17i1.331>.

Siamphan, C., Arnthong, J., Tharad, S., Zhang, F., Yang, J., Laothanachareon, T., Chuetor, S., Champreda, V., Zhao, X. Q., & Suwannarangsee, S. (2022). Production of D-galacturonic acid from pomelo peel using the crude enzyme from recombinant *Trichoderma reesei* expressing a heterologous exopolygalacturonase gene. *Journal of Cleaner Production*, 331, 129958. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129958>

Silva, J. R. G., & de Resende, E. D. (2023). Potential of the passion fruit mesocarp flour as a source of pectin and its application as thickener and gelling agent. *International Journal of Food Science & Technology*, 58(4), 1766–1774. <https://doi.org/10.1111/IJFS.16284>

Soto Toloza, E. P., Mora Acevedo, S. N., & Caballero Pérez, L. A. (2023). Efecto de la sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum Vulgare*) por harina de garbanzo (*Cicer Arietinum L*) en las características sensoriales de una galleta dulce. *REVISTA AMBIENTAL AGUA, AIRE Y SUELO*, 14(1), 39–54. <https://doi.org/10.24054/raas.v14i1.2747>

Sun, Y., Yang, K., Zhang, X., Li, L., Zhang, H., Zhou, L., Liang, J., & Li, X. (2022). In vitro binding capacities, physicochemical properties and structural characteristics of polysaccharides fractionated from *Passiflora edulis* peel. *Food Bioscience*, 50, 102016.
<https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2022.102016>

Talma, S. V., Regis, S. A., Ferreira, P. R., Mellinger-Silva, C., & de RESENDE, E. D. (2019). Characterization of pericarp fractions of yellow passion fruit: density, yield of flour, color, pectin content and degree of esterification. *Food Science and Technology*, 39, 683–689.
<https://doi.org/10.1590/FST.30818>

Teng, H., He, Z., Li, X., Shen, W., Wang, J., Zhao, D., Sun, H., Xu, X., Li, C., & Zha, X. (2022). Chemical structure, antioxidant and anti-inflammatory activities of two novel pectin polysaccharides from purple passion fruit (*Passiflora edulia* Sims) peel. *Journal of Molecular Structure*, 1264, 133309.
[https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2022.133309.](https://doi.org/10.1016/J.MOLSTRUC.2022.133309)

Thu Dao, T. A., Webb, H. K., & Malherbe, F. (2021). Optimization of pectin extraction from fruit peels by response surface method: Conventional versus microwave-

assisted heating. *Food Hydrocolloids*, 113, 106475.
[https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2020.106475.](https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2020.106475)

Trung, H., Hoai, T., Thuy, V., Thi, H., Thi, & Nguyen. (2022). The effects of extraction conditions on the yield of crude pectin extract from passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) and the application of the extract on jam forming ability. *Can Ho the Universitiy Journal at Science*, 14, 99–108.
<https://ctujs.ctu.edu.vn/index.php/ctujs/article/view/430/591>

Tsuru, C., Umada, A., Noma, S., Demura, M., & Hayashi, N. (2021). Extraction of Pectin from Satsuma Mandarin Orange Peels by Combining Pressurized Carbon Dioxide and Deionized Water: a Green Chemistry Method. *Food and Bioprocess Technology*, 14(7), 1341–1348.
[https://doi.org/10.1007/S11947-021-02644-9/FIGURES/6.](https://doi.org/10.1007/S11947-021-02644-9/FIGURES/6)

Tuyet, T., & Sen, T. (2019). View of Pectin and cellulose extraction from passion fruit peel waste. *PHYSICAL SCIENCES*.
[https://vietnamscience.vjst.vn/index.php/vjste/article/view/138/125.](https://vietnamscience.vjst.vn/index.php/vjste/article/view/138/125)

Urango-Anaya, K. J., Ortega-Quintana, F. A., Vélez-Hernández, G., Pérez-Sierra, Ó. A., (2018). Extracción Rápida de Pectina a Partir de Cáscara de Maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*) empleando Microondas. *Información Tecnológica*, 29(1), 129–136.
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000100129>.

Vasco-Correa, J., & Zapata Zapata, A. D. (2017). Enzymatic extraction of pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) at laboratory and bench scale. *LWT*, 80, 280–285.
<https://doi.org/10.1016/J.LWT.2017.02.024>.

Vo, N. T., Cao, T. H., & Hoang, M. H. (2020). Extraction of Pectin from *Passiflora edulis* by Aqueous Two-Phase System. *Proceedings of 2020 5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development, GTSD 2020*, 291–295.
<https://doi.org/10.1109/GTSD50082.2020..9303099>.

Yen, N. T. H., & Quoc, L. P. T. (2021). Optimization of microwave-Assisted extraction of pectin from passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) peel with alkaline solution using response surface methodology. *Malaysian Journal of*

Biochemistry and Molecular Biology, 24(2), 68–75.

Yun, D., Li, C., Wang, Z., Xu, F., Chen, D., & Liu, J. (2023). Preparation of cost-effective and hydrophobic freshness indicating labels based on passion fruit peel powder and stearic acid. *Food Bioscience*, 53, 102758.
<https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2023.102758>.

Zhao, L., Wu, L., Li, L., Zhu, J., Chen, X., Zhang, S., Li, L., & Yan, J. K. (2023). Physicochemical, structural, and rheological characteristics of pectic polysaccharides from fresh passion fruit (*Passiflora edulis f. flavicarpa L.*) peel. *Food Hydrocolloids*, 136, 108301.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2022.108301>.

Zhao, M., Fan, H., Tu, Z., Cai, G., Zhang, L., Li, A., & Xu, M. (2022). Stable reference gene selection for quantitative real-time PCR normalization in passion fruit (*Passiflora edulis Sims.*). *Molecular Biology Reports*, 49(7), 5985–5995.
<https://doi.org/10.1007/s11033-022-07382-5>.