

Agroindustrial waste, source of phenolic compounds: A systematic review of the literature

Annel Cadillo-Solano, Ing.¹ and Santos Mercedes-Cardenas, Ing.¹

¹Ingeniería Agroindustrial. Universidad Privada del Norte, Perú, acadillo378@gmail.com, santos1mercedes@gmail.com

Abstract– This research exposes an alternative for the use of organic waste generated daily by agro-industries, one of the main sources of pollution for the environment. The objective was to show different studies on those residues with the greatest potential as a source of obtaining phenolic compounds through a systematic review of the scientific literature in the last ten years. As information sources, the ScienceDirect, EBSCOhost and Scielo databases were used. For the inclusion and exclusion criteria, original articles published in scientific databases, between 2011 and 2020, in English and Spanish were considered. Finally, the results obtained showed that grape, mangosteen and peanut residues had a high content of phenolic compounds.

Keywords-- Total phenolic content, extraction, residues, agro-industry.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.137>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

Residuos agroindustriales, fuente de compuestos fenólicos: Una revisión sistemática de la literatura

Annel Cadillo-Solano, Ing.¹ and Santos Mercedes-Cardenas, Ing.¹

¹Ingeniería Agroindustrial. Universidad Privada del Norte, Perú, acadillo378@gmail.com, santos1mercedes@gmail.com

Resumen— *La presente investigación expone una alternativa de aprovechamiento para los residuos orgánicos generados diariamente por las agroindustrias, una de las principales fuentes de contaminación para el medio ambiente. El objetivo fue mostrar diferentes estudios sobre aquellos residuos con mayor potencial como fuente de obtención de compuestos fenólicos mediante una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos diez años. Como fuentes de información se utilizó las bases de datos de ScienceDirect, EBSCOhost y Scielo. Para los criterios de inclusión y exclusión, se consideraron artículos originales publicados en bases de datos científicas, entre el año 2011 y 2020, en inglés y español. Finalmente, los resultados obtenidos demostraron que los residuos de uva, mangostino y mani tuvieron un alto contenido de compuestos fenólicos.*

Palabras clave— *Contenido fenólico total, extracción, residuos, agroindustria.*

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la agroindustria ha venido desempeñando una actividad muy importante, demostrando grandes cambios en el sector económico y social en diferentes países, sin embargo, ha provocado un incremento en el porcentaje de residuos, como cáscaras, semillas entre otros, que constituyen una fuente viable para la extracción de pectinas, fibra, compuestos fenólicos, etc. Al buscar oportunidades para la reutilización de los residuos, es necesario el conocimiento de su composición química, la naturaleza de sus componentes y los grupos funcionales que lo constituye. La búsqueda de oportunidades de aplicación para dichos materiales requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que los constituyen. Partiendo de esta base pueden desarrollarse tecnologías más apropiadas para lograr una mayor efectividad en su aprovechamiento [1].

Los compuestos fenólicos, son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático [2]. Se clasifican, como ácidos fenólicos, flavonoides (incluyendo flavanoles, flavonoles, flavonas, isoflavonas, flavoanonas, antocianinas), xantonas, estilbenos, entre otros [3]. Además, son considerados parte muy importante en la dieta del ser humano, ya que destacan por sus efectos benéficos sobre la salud, debido a su potencial antioxidante, y su capacidad de neutralizar radicales libres al donar un átomo de hidrógeno [3]. Dicho esto, son considerados agentes anticancerígenos, antidiabéticos, antibacterianos, protectores contra trastornos cardiovasculares y contra daño hepático [4].

Además, el aprovechamiento de los residuos agroindustriales para la obtención de compuestos fenólicos ha ido cobrando mayor importancia en los últimos años [5]. Entre los residuos agroindustriales más estudiados para estos fines, destaca el orujo de uva, borra de café, residuos de alcachofa y cáscaras como mango, granada, maracuyá y membrillo [6-12].

Por lo tanto, la presente revisión tuvo como objetivo mostrar diferentes estudios sobre aquellos residuos con mayor potencial como fuente de obtención de compuestos fenólicos mediante una revisión de la literatura científica en los últimos diez años y que respondan a la pregunta ¿Cuáles son los residuos con mayor potencial como fuente de obtención de compuestos fenólicos?

II. METODOLOGÍA

Se ha desarrollado la metodología de revisión sistemática, teniendo en cuenta criterios de calidad metodológica y de disminución de sesgos en la selección de las investigaciones que aborden la recuperación de compuestos fenólicos a partir de residuos agroindustriales.

A. Recolección de la información

A partir de la pregunta de investigación, se definieron como descriptores (palabras clave) los siguientes términos, en inglés y en español: “extracción”, “compuestos fenólicos”, “residuos”, “extraction”, “phenolic compounds”, “waste”, “peel”, “skin”, “seed”, “marc” y “residuos sólidos”. Para hacer más específica la búsqueda de literatura científica, se diseñó un protocolo con la combinación de los términos establecidos y conectores lógicos: (“extracción” y “compuestos fenólicos” y “residuos”), [(“extraction” and “phenolic compounds”) and (“waste” or “peel” or “skin” or “seed” or “marc”)]. De igual manera, los recursos para la búsqueda de información comprendieron el acceso a bases de datos especializadas como ScienceDirect, EBSCOhost y Scielo.

Las rutas específicas se describen a continuación:

ScienceDirect

(“extraction” and “phenolic compounds”) and (“waste” or “peel” or “skin” or “seed” or “marc”)

EBSCOhost

(“phenolic compounds”) and (“waste” or “peel” or “skin” or “seed” or “marc”)

Scielo

(“extraction” and “phenolic compounds”) and (“waste” or “peel” or “skin” or “seed” or “marc”)

Los artículos seleccionados se importaron al software de gestión de referencias EndNote, para su gestión en la eliminación de citas duplicadas.

B. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron artículos originales publicados en bases de datos científicas indexadas, en idioma inglés y español, entre los años 2011 y 2020, y que utilizaron residuos agroindustriales para extraer compuestos fenólicos.

Se excluyeron aquellos artículos que no se encontraron indexados, que tengan un formato de revisión bibliográfica, que no demuestren requisitos mínimos de cientificidad y que no abordaron el objetivo de la revisión.

El estudio siguió el modelo de la declaración PRISMA [13].

II. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En total se identificaron 5868 artículos de acuerdo con los criterios de búsqueda (ScienceDirect: 123 artículos; Scielo: 176 artículos y EBSCOhost: 4410 artículos). Adicionalmente, se incluyeron 2 artículos identificados mediante la búsqueda manual en referencias bibliográficas. Luego, se eliminaron 54 artículos duplicados, identificados a través del software EndNote y 525 artículos por tener otro tipo de formato (artículos de revisión, capítulos de libro, resúmenes de conferencia, entre otros). Después, se excluyeron 5208 artículos por no abordar el objetivo de la revisión y 27 por la baja calidad de estos, obteniéndose finalmente un total de 56 artículos para realizar la presente revisión (Fig. 1).

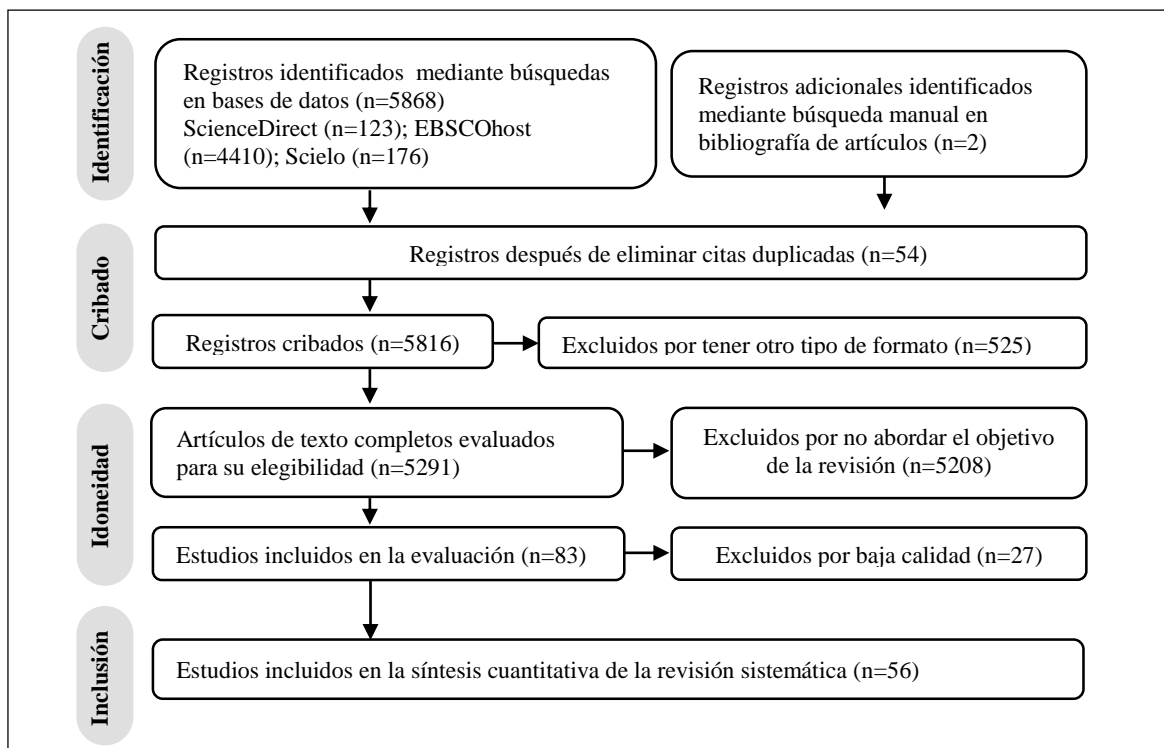


Figura 1 Diagrama de flujo PRISMA en cuatro niveles

De los 56 artículos, se obtuvo el mayor número de publicaciones entre los años 2019-2020 (Fig.2).

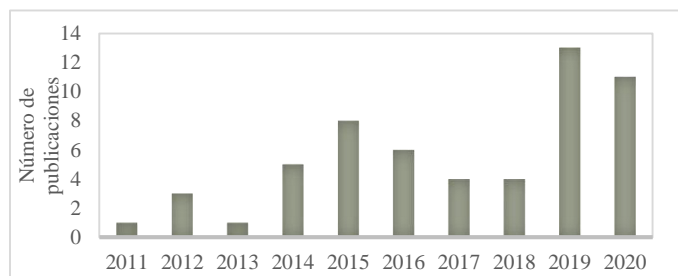


Fig.2 Distribución de publicaciones por año con respecto al tema de investigación (2011-2020)

En la Fig. 3 se observa que 29 de los artículos del total de publicaciones fueron obtenidos en la base de datos de ScienceDirect.

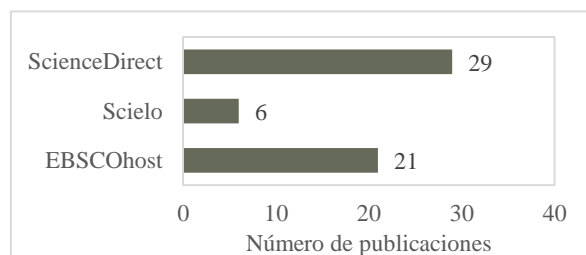


Fig. 3 Distribución de publicaciones según la base de datos.

Por otro lado, Brasil tiene el 25% del total de publicaciones sobre la extracción de compuestos fenólicos en residuos (Fig.4).

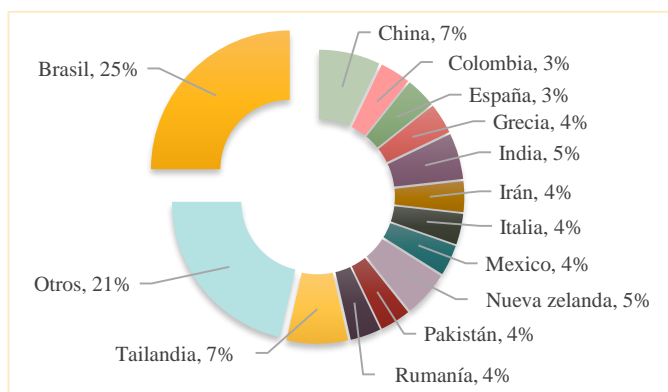


Fig.4 Distribución de publicaciones según el país de publicación

Las agroindustrias generan grandes cantidades de residuos. Es por ello que, existe el interés en dar un valor agregado para reducir el impacto ambiental que se genera [9]. En este sentido, se ha elaborado una tabla comparativa con los hallazgos de esta investigación respecto al tema. En la Tabla 1, se observa el contenido fenólico de diferentes residuos agroindustriales, resaltando el orujo de uva, la cáscara de mangostino y la cáscara de maní por su alto contenido fenólico. No obstante, esto puede variar dependiendo de las condiciones del proceso, es decir, el método y los parámetros de extracción.

En la cáscara de uva los compuestos fenólicos oscilaron entre 31.69 [38] y 768.56 mg GAE/g peso seco [37]. En la cáscara de mangostino se encontró 590.9 mg GAE/g peso seco [48] y 294.4 mg GAE/g extracto [83]. En la cáscara de maní se encontró que el contenido fenólico osciló entre 133.5 mg GAE/g peso seco [84] y 404.40 mg GAE/g peso seco [37].

Condiciones de extracción

Para la extracción de compuestos fenólicos, existen diferentes métodos [14], siendo los más utilizados la maceración y el ultrasonido con el 37% y el 28% del total de publicaciones, respectivamente, debido a su eficiencia y rentabilidad [15].

La extracción por ultrasonido implica que las ondas sonoras generen cavitación y rotura de las paredes de las muestras, provocando la reducción del tamaño de las partículas [16]. La cavitación acústica permite alterar los tejidos y liberar compuestos fenólicos para mejorar la tasa de extracción [17], como resultado, se puede obtener una mayor eficiencia, menor tiempo de extracción y consumo de energía que los convencionales [18]. Por otro lado, la extracción por maceración es un método tradicional, que consiste en la separación sólido-líquido mediante un solvente orgánico o agua como fase líquida (cacique et al 2020). Sin embargo, la ventaja

del ultrasonido sobre este método es la mayor extracción de polifenoles en un tiempo más corto, lo que ahorra insumos de energía. Esto se evidencia con la investigación de Safdar [19] en cáscaras de mango.

A esto, se suma el efecto de los parámetros de extracción durante el proceso, tales como el pH, la temperatura, el tiempo de extracción, el tipo de solvente y el tamaño de partícula, factores claves para optimizar dicho proceso.

Las variaciones en las condiciones de pH y temperatura pueden alterar la estructura química de los compuestos fenólicos [20]. Un cambio en el pH podría provocar la degradación rápida de algunos compuestos [21], ya que, algunas estructuras químicas son estables a pH bajo [17]. Del mismo modo, la temperatura podría generar un ablandamiento del tejido vegetal, debilitando las interacciones fenólico-proteína y fenólico-polisacárido. No obstante, temperaturas por encima de los 60°C podrían causar una degradación de los compuestos fenólicos [22], inclusive, tiempos de extracción prolongados podrían generar una oxidación de los fenoles [23].

En cuanto al tipo de solvente, es frecuente el uso de acetona, metanol, etanol y agua, debido a la solubilidad de las materias vegetales en este tipo de sustancias y a la polaridad de los solventes. Sin embargo, el etanol es el solvente más utilizado debido a sus propiedades fisicoquímicas, por ser reconocido como seguro (GRAS) para su uso en alimentos y su bajo costo [24].

Finalmente, el tamaño de partícula más pequeño reduce la distancia de difusión del soluto dentro del sólido, por lo que aumenta el gradiente de concentración, mejorando la tasa de extracción [25].

Aplicaciones en la industria

Los compuestos fenólicos presentan numerosas aplicaciones en la industria de alimentos, farmacéutica, cosméticos y nutracéutica [26], principalmente por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y de antienvjecimiento [27-29]. Por ejemplo, en la industria alimentaria, para la elaboración de alimentos funcionales [30], conservantes naturales y envases bioactivos [29]. De la misma forma, en la industria farmacéutica, para la fabricación de algunos medicamentos esenciales, como el paracetamol (acetaminofén) y la doxiciclina [31]. Y respecto a la industria cosmética, para la fabricación de cremas antienvjecimiento y productos de protección solar [32].

TABLA I
CONTENIDO FENÓLICO TOTAL EN RESIDUOS AGROINDUSTRIALES

| Fuente | Residuo | Método de extracción | Contenido fenólico total | Referencia |
|------------|-------------------------------|----------------------------------|--------------------------|------------|
| Kiwi | Orujo | Agua subcrítica | 86.26 ^d | [33] |
| | Cáscara | | 51.2 ^a | [34] |
| Uva | Piel | Maceración | 41.6 ^a | [35] |
| | | Maceración | 279.64 ^a | [36] |
| | Orujo | Ultrasonido | 768.56 ^a | [37] |
| | | Agua subcrítica | 31.69 ^a | [38] |
| Granada | Cáscara | Maceración | 115.75 ^a | [39] |
| | | Extracción en punto de nube | 205.2 ^a | [40] |
| | | Microondas | 199.4 ^a | [41] |
| | | Extracción por pulsos eléctricos | 196.7 ^a | [42] |
| Mango | Semilla | Ultrasonido | 158.08 ^a | [43] |
| | | Maceración | 298 ^a | [44] |
| | Cáscara | Fermentación | 32.88 ^c | [45] |
| | | Maceración | 46.71 ^a | [46] |
| Pitahaya | Semilla | Ultrasonido | 67.58 ^c | [19] |
| | | Microondas | 295.73 ^a | [47] |
| | | Ultrasonido | 160.25 ^a | [37] |
| Aguaymanto | Semilla | Maceración | 202.7 ^a | [48] |
| Mangostino | Semilla | Maceración | 129.4 ^a | [48] |
| Mandarina | Cáscara | Maceración | 590.9 ^a | [48] |
| | | Ultrasonido | 152.63 ^a | [49] |
| | | Microondas | 23.2 ^b | [50] |
| Naranja | Cáscara | Maceración | 43.24 ^a | [51] |
| | | Agua subcrítica | 15.9 ^a | [52] |
| | | Maceración | 15.7 ^a | [53] |
| Naranja | Cáscara | Microondas | 21.79 ^a | [54] |
| | | Ultrasonido | 21.40 ^a | [55] |
| Maracuyá | Piel | Ultrasonido | 30.19 ^a | [9] |
| Lima | Cáscara | Agua subcrítica | 54.4 ^a | [56] |
| Plátano | Cáscara | Ultrasonido | 29 ^a | [57] |
| | | Maceración | 24.4 ^a | [24] |
| Papaya | Semillas | Ultrasonido | 91.6 ^c | [58] |
| Membrillo | Semillas | Agua subcrítica | 82.02 ^a | [59] |
| Jacaiacá | Piel | Maceración | 65.56 ^a | [60] |
| Manzana | Cáscara | Maceración | 26.81 ^a | [61] |
| Palta | Piel | Ultrasonido | 120.3 ^a | [62] |
| Jabuticaba | Cáscara | Ultrasonido | 33.5 ^c | [63] |
| Mao Luang | Cáscara | Maceración | 128.60 ^a | [64] |
| Anacardo | Semilla | Maceración | 19.75 ^a | [65] |
| Lima | Harina de residuo | Maceración | 102 ^a | [66] |
| Pimiento | Piel | Extracción enzimática | 13.45 ^a | [67] |
| Caqui | Piel | Maceración | 12.39 ^a | [68] |
| Sanky | Piel | Maceración | 32.6 ^a | [26] |
| Rambután | Cáscara | Ultrasonido | 402 ^a | [69] |
| | | Ultrasonido | 300 ^a | [22] |
| Alcachofa | Brácteas y tallos | Maceración | 32.2 ^a | [11] |
| | Brácteas | Ultrasonido | 300 ^a | [70] |
| | Tallo | Microondas | 37.43 ^a | [71] |
| Remolacha | Hojas | Agua subcrítica | 252 ^c | [72] |
| Berenjena | Cáscara | Extracción por calentamiento | 202 ^a | [73] |
| | | Ultrasonido | 78.42 ^a | [74] |
| Cebolla | Piel | Agua subcrítica | 99.72 ^a | [75] |
| papa | Cáscara | Maceración | 14.03 ^a | [76] |
| Oliva | Torta | Maceración | 34.99 ^a | [77] |
| Orégano | Remanente de hidrodestilación | Maceración | 56.43 ^a | [78] |
| Maní | Cáscara | Ultrasonido | 404.40 ^a | [37] |
| Centeno | Salvado | Ultrasonido | 245.7 ^a | [79] |
| Café | Torta desgrasada | Agua subcrítica | 55.31 ^a | [80] |
| | Posos de café | Ultrasonido | 34.9 ^a | [81] |
| | Cáscara | Fermentación | 252.71 ^c | [82] |

^amg GAE/g peso seco. ^bmg GAE/g peso húmedo. ^cmg GAE/g extracto. ^dmg CAE/g peso seco. ^emg TAE/g peso fresco.
GAE: Ácido gálico equivalente. CAE: Catequina equivalente. TAE: Ácido tánico equivalente

II. CONCLUSIONES

Se encontró diversos artículos de investigación científica referentes a la extracción de compuestos fenólicos a partir de residuos agroindustriales. Siendo los residuos de uva, mangostino y maní aquellos que presentaron una diferencia significativa en el contenido de compuestos fenólicos respecto a otros tipos de residuos estudiados. Además, los métodos mayormente utilizados para la extracción de compuestos fenólicos son la maceración y el ultrasonido, con el 37% y 28% del total de publicaciones, respectivamente. Por otra parte, el aprovechamiento de los residuos permite reducir el impacto ambiental y aprovechar los compuestos fenólicos en distintas aplicaciones para la industria alimentaria, nutracéutica, farmacéutica y cosmética.

Además, el desarrollo de esta revisión sistemática va a permitir a la comunidad académica tener una visión general sobre la extracción de compuestos fenólicos de residuos agroindustriales.

REFERENCIAS

- [1] E. Cabrera-Rodríguez, D. Dopico-Ramírez, León-Fernández, y C. Montano-Pérez. Caracterización de residuos agroindustriales con vistas a su aprovechamiento. *Centro Azúcar*, 43(4). 2016
- [2] A. Alexandre, M. Quiñones, y M. Miguel. Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *Nutrición Hospitalaria*, 27(1), 76-89. 2012
- [3] R. Amarowicz, B. D. Craft, A. L. Kerrihard y R. B. Pegg. Phenol-based antioxidants and the In Vitro methods used for their assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11, 148-173. 2012
- [4] C.A. Cardona-Alzate, A.F. Rojas-Gonzales y A.V.Ruales-Salcedo. Obtención de compuestos fenólicos a partir de residuos de uva isabella (*Vitis labrusca*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 72-79. 2017
- [5] C. Castro-López, R. Rojas, E. J. Sánchez-Alejo, G. Niño-Medina y G.C.G. Martínez-Ávila. Phenolic Compounds Recovery from GrapeFruit and By-Products: An Overview of Extraction Methods. En Antonio Morata e Iris Loira (Eds), *Grape and Wine Biotechnology*, 104-123. Londres, Reino Unido, Intechopen. 2016
- [6] C.N. Aguilar, J. Ascacio-Valdés, J.C. Contreras-Esquivel, M.T. dos Santos Correia, N. Ramírez-Guzmán, L. Serna-Cock y C. Torres-León. Solid-state fermentation with *Aspergillus niger* to enhance the phenolic contents and antioxidative activity of Mexican mango seed: A promising source of natural antioxidants. *LWT*, 112. 2019
- [7] N.A. Al-Dhabi, P.M. Jeganathan y K. Ponnurugan. Development and validation of ultrasound-assisted solid-liquid extraction of phenolic compounds from waste spent coffee grounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 206-213. 2017
- [8] B.B. Arsić, D.A. Kostić, M.N. Mitić, S.S. Mitić, D.D. Paunović, A.N. Pavlović, T.B. Stojanović y G.S. Stojanović. Phenolic profiles and metal ions analyses of pulp and peel of fruits and seeds of quince (*Cydonia oblonga* Mill.). *Food Chemistry*, 232. 2017
- [9] G. Domínguez-Rodríguez, M.C. García, L.M. Marina y M. Plaza, M. Revalorization of *Passiflora* species peels as a sustainable source of antioxidant phenolic compounds. *Science of The Total Environment*, 696. 2019
- [10] X. Jun, H. Lang y Y. Liang-Gong. Continuous extraction of phenolic compounds from pomegranate peel using high voltage electrical discharge. *Food chemistry*, 230, 354-361. 2017
- [11] R. Lavecchia, G. Maffei y A. Zuurro. Reuse potential of artichoke (*Cynara scolimus* L.) waste for the recovery of phenolic compounds and bioenergy. *Journal of Cleaner Production*, 111(A). 2015
- [12] G.L. Alonso, M. Carmona, M.R. Salinas, M.A. Pedroza y A. Zalacain, A. Pre-bottling use of dehydrated waste grape skins to improve colour, phenolic and aroma composition of red wines, *Food chemistry*, 136(1), 224-236. 2013
- [13] G. Urrútia, X. Bonfill. Prisma declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses. *Med Clin (Barc)*. 135(11):507-511. 2010
- [14] L.L. Gadioli, M.S.B.da Cunha, M.V.O.de Carvalho, A.M.Costa, and L.L.O.Pineli. A systematic review on phenolic compounds in *Passiflora* plants: Exploring biodiversity for food, nutrition, and popular medicine. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol.58(5), pp.785-807. 2018.
- [15] K.Ameer, H.M.Shahbaz and J.H.Kwon. Green Extraction Methods for Polyphenols from Plant Matrices and Their Byproducts: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol.16(2), pp.295-315. 2017.
- [16] C.Da Porto and D.Decorti. Ultrasound-assisted extraction coupled with under vacuum distillation of flavour compounds from spearmint (carvone-rich) plants: Comparison with conventional hydrodistillation. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol.16(6), pp.795-799. 2009.
- [17] S.Ferarsa, W.Zhang, N.Moulai-Mostefa, L.Ding, M.Y.Jaffrin and N.Grimi. Recovery of anthocyanins and other phenolic compounds from purple eggplant peels and pulps using ultrasonic-assisted extraction. *Food and Bioproducts Processing*, vol.109, pp.19-28. 2018.
- [18] J.Deng, Z.Xu, C.Xiang, J.Liu, L.Zhou, T.Li, Z.Yang and C.Ding. Comparative evaluation of maceration and ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from fresh olives. *Ultrasonics Sonochemistry*, vol.37, pp.328-334. 2017.
- [19] M.N.Safdar, T.Kausar and N.Nadeem. Comparison of Ultrasound and Maceration Techniques for the Extraction of Polyphenols from the Mango Peel. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2016.
- [20] M.Padmaja and A.Srinivasulu. Influence of pH and temperature on total phenol content of *Ocimum Sanctum* leaves. *Indian Journal of Pharmaceutical Science and Research*, vol. 6(2), pp.69-72. 2016.
- [21] A. Castañeda, M.L. Pacheco, M.E. Páez, J.A. Rodríguez y C.A. Galán, C.A. Chemical studies of anthocyanins. A review. *Food Chemistry*. Vol (113). p. 859-871. 2009
- [22] N.N.Phuong, T.T.Le, M.Q.Dang, J.V.Camp and K.Raes. Selection of extraction conditions of phenolic compounds from rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel. *Food and Bioproducts Processing*, vol.122, pp. 222-229. 2020.
- [23] J.Dai and R.J.Mumper. Plant phenolics: Extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, vol.15(10), pp.7313-7352. 2010.
- [24] G.A.Pereira, G.Molina, H.S.Arruda and G.M.Pastore. Optimizing the homogenizer-assisted extraction (HAE) of total phenolic compounds from banana peel. *Journal of Food Process Engineering*, vol.40(3). 2016.
- [25] Z.Wang, Z.Pan, H.Ma and G.G.Atungulu. Extract of Phenolics From Pomegranate Peels. *The Open Food Science Journal*, vol.5, 17-25. 2011.
- [26] T.Rojas, M.E.Fuentes-Campos, E.Contreras-Lopez, S.Gomez and A.M.Muñoz-Jáureguid. Extracción asistida por ultrasonido de compuestos fenólicos de la cáscara de sanky (*Corryocactus brevistylus*). *Revista de la sociedad química del Perú*, vol.85(2). 2019.
- [27] C.Leal, I.Gouvinhas, R.A.Santos, E.Rosa, A.M.Silva, M.J.Saavedra and A.I.R.N.ABarros. Potential application of grape (*Vitis vinifera* L.) stem extracts in the cosmetic and pharmaceutical industries: Valorization of a by-product. *Industrial Crops and Products*, vol.154. 2020.
- [28] R.Abarca-Vargas and V.L.Petricevich. Importancia biológica de los compuestos fenólicos. *Inventio:La génesis de la cultura Universidad en Morelos*, vol.14(34), pp.33-34. 2019.
- [29] J.F.Osorio-Tobón. Recent advances and comparisons of conventional and alternative extraction techniques of phenolic compounds. *Journal of Food Science and Technology*. 2020.
- [30] G.Bucalossi, G.Fia, C.Dinnella, A.De Toffoli, V.Canuti, B.Zanoni, M.Servili, E. Pagliarini, T.G Toschi and E.Montealeone (2020). Functional and sensory properties of phenolic compounds from unripe grapes in vegetable food prototypes. *Food Chemistry*, vol.315. 2020.

- [31] L.Ge, S.P.Li and G. Lisak. Advanced sensing technologies of phenolic compounds for pharmaceutical and biomedical analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol.179. 2020.
- [32] Ç.Yarkent, C.Gürlek and S.S.Oncel. Potential of microalgal compounds in trending natural cosmetics: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol.17. 2020.
- [33] S.Baroutian, H.Kheirkhah and S.Y.Quek. Evaluation of bioactive compounds extracted from Hayward kiwifruit pomace by subcritical water extraction. *Food and Bioproducts Processing*, vol.115, pp.143-153. 2019.
- [34] F.Guthrie, Y.Wang, N.Neeve, S.Y.Quek, K.Mohammadi and S.Baroutian. Recovery of phenolic antioxidants from green kiwifruit peel using subcritical water extraction. *Food and Bioproducts Processing*, vol.122, pp.136-144. 2020.
- [35] D.Tochev, M.Karsheva, D.Pilev, L.Cayla, G.Masson and G. Mihaylova. Phenolic compounds in peels, seeds, marcs and wines from mavrud grapes. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, vol.55(4), pp.772-777. 2020.
- [36] A.M.Brezoiu, C.Matei, M.Deaconu, A.M.Stanciuc, A.Trifan, A.Gaspar-Pintiliescu and D.Berger. Polyphenols extract from grape pomace. Characterization and valorisation through encapsulation into mesoporous silica-type matrices. *Food and Chemical Toxicology*, vol.133. 2019.
- [37] G.Costa-Braga, P.Siqueira-Melo, K.Boone-Bergamaschi, A.P.Tiveron, A.Prado-Massarioli and S.M.de Alencar. Extraction yield, antioxidant activity and phenolics from grape, mango and peanut agro-industrial by-products. *Ciência Rural*, vol.46(8). 2016.
- [38] B.Aliakbarian, A.Fathi, P. Perego and F.Dehghani. Extraction of antioxidants from winery wastes using subcritical water. *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 65, pp. 18-24. 2012.
- [39] H.Coklar. Antioxidant capacity and phenolic profile of berry, seed, and skin of Eşkıkar (vitis vinifera L) grape: Influence of harvest year and altitude. *International Journal of Food Properties*, vol.20(9), pp.2071-2087. 2017.
- [40] S.S.Arya and P.R.More. A novel, green cloud point extraction and separation of phenols and flavonoids from pomegranate peel: An optimization study using RCCD. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol.7(5). 2019.
- [41] K. Kaderides, L.Papaikononou, M.Serafim and A.M.Goula. Microwave-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels: Optimization, kinetics, and comparison with ultrasounds extraction. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, vol.137, pp.1-11. 2019.
- [42] J.Xi, L.He and L.G.Yan. Continuous extraction of phenolic compounds from pomegranate peel using high voltage electrical discharge. *Food Chemistry*, 230, 354-361. 2017.
- [43] S.Kalantari, K.Roufegarinejad, S.Pirsa and M.Gharekhani. Green extraction of bioactive compounds of pomegranate peel using β -Cyclodextrin and ultrasound. *Main Group Chemistry*, vol.19(1), pp.61-80. 2020.
- [44] S.K.Middha, T.Usha and V.Pande. HPLC Evaluation of Phenolic Profile, Nutritive Content, and Antioxidant Capacity of Extracts Obtained from Punica granatum Fruit Peel. Hindawi Publishing Corporation. 2013.
- [45] C.Torres-León, N.Ramírez-Guzmán, J.Ascacio-Valdés, L.Serna-Cock, M.T. dos Santos-Correia, J.C. Contreras-Esquivel and C.N. Aguilar. Solid-state fermentation with *Aspergillus niger* to enhance the phenolic contents and antioxidative activity of Mexican mango seed: A promising source of natural antioxidants. *LWT*, vol.112. 2019.
- [46] L.Serna-Cock, y C.Torres-León, C. Potencial agroindustrial de cáscaras de mango de las variedades Keitt, y Tommy Atkins (*Mangifera indica*). *Acta Agronómica*, vol.64(2), 110-115, 2015.
- [47] J.P.Maran, J.Swati, P. Jeevitha, J. Jayalakshmi and G. Ashvini. Retracted: Multiple Response Analysis and Optimization of Microwave-Assisted Extraction of Antioxidant Phenolic Compounds of Waste *Mangifera indica* L Peel. *Journal of Food Processing and Preservation*, vol.39(6), pp.2276-2285. 2015.
- [48] L.D. Daza, A.V. Herrera, E. Murillo y J.J.Méndez. Evaluación de propiedades antioxidantes de parte comestible y no comestible de pitahaya, uchuva y mangostino. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 12 (1), pp. 98-105, 2014.
- [49] S.Nipornram, W.Tochampa, P.Rattanatruiwong and R.Siganusong. Optimization of low power ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. Sainampung) peel. *Food Chemistry*, vol.241, pp.338-345. 2017.
- [50] J.Ahmad and T.A.G.Langrish. Optimisation of total phenolic acids extraction from mandarin peels using microwave energy: The importance of the Maillard reaction. *Journal of Food Engineering*, vol. 109(1), pp. 162-174. 2012.
- [51] M.Bromberger-Soquetta, D.Tonato, M.Menezes-Quadros, C.Pagnossim-Boeira, A.J.Cichoski, L.de Marsillac-Terra and R.C.Kuhn. Ultrasound extraction of bioactive compounds from *Citrus reticulata* peel using electrolyzed water. *Journal Food Process Preservation*. 2019.
- [52] P.P.Menezes-Barbosa, F.M.Barrales, P. Silveira, A.Roggia-Ruviaro, B.N.Paulino, G.M.Postore, G.Alves-Macedo and J.Martinez. Recovery of phenolic compounds from citrus by-products using pressurized liquids — An application to orange peel. *Food and Bioproducts Processing*, vol.112, pp.9-21. 2018.
- [53] F. García-Ochoa, J.J.Senit, D.Velasco, A.G.Manrique, M. Sanchez-Barba, J.M. Toledo, V.E. Santos, P.Yustos and M.Laredo. Orange peel waste upstream integrated processing to terpenes, phenolics, pectin and monosaccharides: Optimization approaches. *Industrial Crops and Products*, vol.134, pp.370-381. 2019.
- [54] E.Martati and P.P.Ciptadi. Extraction of baby java citrus (*Citrus sinensis* (L) Osbeck) peel by microwave-assisted extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020.
- [55] N.M'hiri, I.Ioannou, N.Mihoubi-Boudhrioua and M.Ghoul. Effect of different operating conditions on the extraction of phenolic compounds in orange peel. *Food and Bioproducts Processing*, vol.96, pp.161-170. 2015.
- [56] P.Rodsamran and R.Sothornvitab. Extraction of phenolic compounds from lime peel waste using ultrasonic-assisted and microwave-assisted extractions. *Food Bioscience*, vol.28, pp.66-73. 2019.
- [57] L.P.Gomes-Rebello, A. Mota-Ramos, P. Becker-Pertuzatti, M.Teixeira-Barcia, N. Castillo-Muñoz and I. Hermosín-Gutiérrez. Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. *Food Research International*, vol. 55, pp. 397-403, 2014.
- [58] S.R.Salvador-Ferreira, G.A. Micke, L. Vitali, S.Mazzuttia and L.A. Gonçalves-Rodrigues. Recovery of bioactive phenolic compounds from papaya seeds agroindustrial residue using subcritical water extraction. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. Vol.22. 2019.
- [59] O.Grygorieva, S.Klymenko, O.Vergun, E.Mňahončáková, J.Brindza, M.Terentjeva and E. Ivanišová. Evaluation of the antioxidant activity and phenolic content of chinese quince (*Pseudocydonia sinensis* schneid.) fruit. *Vol.19(1)*, pp.25-36. 2020.
- [60] A.P.Pereira-Barbosa, A.Ferreira-Moraes and R.Campos-Chisté. Physicochemical characterization and quantification of bioactive compounds of *Antrocaryon amazonicum* fruits cultivated in Brazilian Amazonia. *CyTA - Journal of Food*, vol.18(1), pp.616-623. 2020.
- [61] G.F.Deng, D.P.Xu, S.Li, and H.B.Li. Optimization of Ultrasound-Assisted Extraction of Natural Antioxidants from Sugar Apple (*Annona squamosa* L.) Peel Using Response Surface Methodology. *Molecules*, vol.20(11), pp.20448-20459. 2015.
- [62] M.A.Tremocoldi, P.L.Rosalen, M.Franchin, A.P.Massarioli, J.A.R.Paschoal, C.Denny, E.R.Daiuto, P.S.Melo and S.M.de Alencar. Exploration of avocado by-products as natural sources of bioactive compounds. *Plos one*, vol.13(2). 2018.
- [63] L.Dias-Pereira, D.P.Ramirez-Ascheri, S.M.Cavalcante-Bastos, J.L.Ramírez-Ascheri y S. da Costa-Santos. Optimization of phenolic compounds extraction and a study of the edaphic effect on the physicochemical composition of freeze-dried jaboticaba peel. *Ciência e Agrotecnologia*, vol.42(4). 2018.
- [64] L.Butkhup and S.Samappito. Phenolic constituents of extract from Mao Luang seeds and skin-pulp residue and its antiradical and antimicrobial capacities. *Journal of Food Biochemistry*, vol.35(6), pp.1671-1679. 2011.
- [65] R.A.M. de Sena Andrade, M.I.Sucupira Maciel, A.M.Pinheiro Santos and E.de Almeida Melo. Optimization of the extraction process of polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. *Food Science and Technology*, vol.35(2). 2015.
- [66] M.Mushtaq, B.Sultana, H.N. Bhatti and M.Asgher. Optimization of Enzyme-assisted Revalorization of Sweet Lime (*Citrus limetta* Risso) Peel into Phenolic Antioxidants. *BioResources*, vol.9(4), pp.6153-6165. 2014.

- [67]X.Xin, R.Fan, Y.Gong, F.Yuan and Y.Gao. On-line HPLC-ABTS++ evaluation and HPLC-MSn identification of bioactive compounds in hot pepper peel residues. *Eur Food Res Technology*, pp. 837–844. 2014.
- [68]J.H.Cho, H.Y.Kim, J.J.Kim, E.J.Y, C.Y.Kim. Antioxidant Activity and Phenolic Content of Persimmon Peel Extracted with Different Levels of Ethanol. *International Journal of Food Properties*, vol.17 (8), pp.1779-1790. 2014.
- [69]N.Thitilertdech and N.Rakariyatham. Phenolic content and free radical scavenging activities in rambutan during fruit maturation. *Scientia Horticulturae*, vol.129(2), pp. 247-252. 2011.
- [70]R.S.Rabelo, M.T.C.Machado, J.Martínez and M.D.Hubinger. Ultrasound assisted extraction and nanofiltration of phenolic compounds from artichoke solid wastes. *Journal of Food Engineering*, vol. 178, pp.170-180. 2016.
- [71]M.Guemghar, H.Remin, N.Bouaoudia-Madi, K.Mouhoubi, K.Madan and L.Boulekbache-Makhlouf. Phenolic compounds from artichoke (*Cynara scolymus* L.) byproducts: optimization of microwave assisted extraction and enrichment of table oil. *Food Technology*, vol.44(1), pp.193-211. 2020.
- [72]H.F. Battistella-Lasta, L.Lentz, L.G. Gonçalves-Rodrigues, N.Mezzomo, L. Vitali and S.R. Salvador-Ferreira. Pressurized liquid extraction applied for the recovery of phenolic compounds from beetroot waste. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, vol.21. 2019.
- [73]Najari, Z., S.S.Hosseini, M.Kazemi, y F.Khodaiyan. An integrated valorization of industrial waste of eggplant: Simultaneous recovery of pectin, phenolics and sequential production of pullulan. *Waste Management*, vol.100, pp.1001-111. 2019.
- [74]F.Dranca and M.Oroian. Total monomeric anthocyanin, total phenolic content and antioxidant activity of extracts from eggplant (*Solanum Melongena* L.) peel using ultrasonic treatments. *Journal of Food Process Engineering*, vol.40. 2015.
- [75]S.Baroutian, M.T.Munir, H.Kheirkhah, S.Y. Quek and R.B. Young. Subcritical water extraction of bioactive compounds from waste onion skin. *Journal of Cleaner Production*, vol.183, pp.487-494. 2018.
- [76]N.P.Silva-Beltrán, C. Chaidez-Quiroz, O.López-Cuevas, S.Ruiz-Cruz, M.A.López-Mata, C.L.Del-Toro-Sánchez, E.Marquez-Rios4 and J. deJ.Ornelas-Paz. Phenolic Compounds of Potato Peel Extracts: Their Antioxidant Activity and Protection against Human Enteric Viruses. *Food Microbiology and Biotechnology*, 27(2), pp. 234–241. 2016.
- [77]E.Uribe, A.Pasten, R.Lemus-Mondaca, A.Vega-Gálvez, L.Quispe-Fuentes, J.Ortiz, and K.Di-Scala. Comparison of Chemical Composition, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Three Olive-Waste Cakes. *Journal of Food Biochemistry*, vol.39(2), pp.189–198. 2015
- [78]A.Oreopoulou, G.Goussias, D.Tsimogiannis, V.Oreopoulou. Hydroalcoholic extraction kinetics of phenolics from oregano: Optimization of the extraction parameters. *Food and Bioproducts Processing*, vol.123, pp.378-389. 2020.
- [79]M.Iftikhar, H.Zhang, A.Iftikhar, A.Raza, N.Begum, A.Tahamina, A.Syed, M.Khan and J. Wang. Study on optimization of ultrasonic assisted extraction of phenolic compounds from rye bran. *LWT*, vol.134. 2020.
- [80]P.C. Mayanga-Torres, D. Lachos-Perez, C.A. Rezende, J.M.Prado, Z.Ma, G.T. Tompsett, M.T.Timko and T.Forster-Carneiro. Valorization of coffee industry residues by subcritical water hydrolysis: Recovery of sugars and phenolic compounds. *The Journal of Supercritical Fluids*, vol. 120(1), pp.75-85. 2017.
- [81]P.J.Arauzo, M.Lucian, L.Du, M.P.Olszewski, L.Fiori and A.Kruse. Improving the recovery of phenolic compounds from spent coffee grounds by using hydrothermal delignification coupled with ultrasound assisted extraction. *Biomass and Bioenergy*, vol.139. 2020.
- [82]L.R.Palomino-García, C.R.Biasetto, A.R. Araujo and V.L. Del Bianchi. Enhanced extraction of phenolic compounds from coffee industry's residues through solid state fermentation by *Penicillium purpurogenum*. *Food Science and Technology*, vol.35(4), pp. 704-711. 2015.
- [83]A.S.Zarena and K.U.Sankar. Phenolic acids, Flavonoid profile and antioxidant activity in Mangosteen (*Garcinia Mangostana* L.) Pericarp. *Food Engineering Department*, vol.36(5), pp. 627–633. 2011.
- [84]R.Attree, B.Du and B.Xu. Distribution of phenolic compounds in seed coat and cotyledon, and their contribution to antioxidant capacities of red and black seed coat peanuts (*Arachis hypogaea* L.). *Industrial Crops and Products*, vol.67, pp.448–456. 2015.