



TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADOS EN LA EXTRACCIÓN DE FIBRA DIETÉTICA A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA

EMERGING TECHNOLOGIES APPLIED IN THE EXTRACTION OF DIETARY FIBER FROM AGRICULTURAL WASTE: SYSTEMATIC REVIEW

Malpartida Yapias, Rafael Julián ¹ 

Paytapoma León, Nayret Noami ¹ 

¹ Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, Tarma, Perú.

Para citar este artículo:

Malpartida, R., & Paytapoma, N. (2023). Tecnologías emergentes aplicados en la extracción de fibra dietética a partir de residuos agrícolas: Revisión sistemática. *Advances in Science and Innovación*, 2 (1).

RESUMEN

En el presente artículo se identifican estudios realizados en la extracción de fibra dietética de los residuos agrícolas. La revisión sistemática fue aplicada en dos bases de datos SCOPUS y Science direct, aplicando palabras clave en inglés. La búsqueda total mostró 308 documentos, de los datos han sido filtrados y excluidos, dando como resultado diez investigaciones fundamentales sobre la extracción a partir de los métodos de extracción ultrasonido y microondas, permitiendo identificar el impacto de los métodos de extracción de fibra dietética enfocándose en la revalorización de los residuos agrícolas para uso alimentario, biotecnológico y farmacéutico.

Palabras Claves: *Fibras vegetales, ultrasonido, microondas, residuos.*

ABSTRACT

This article identifies studies conducted on the extraction of dietary fiber from agricultural residues. The systematic review was applied in two databases SCOPUS and Science direct, applying keywords in English. The total search showed 308 papers, from which data have been filtered and excluded, resulting in ten fundamental researches on extraction from ultrasound and microwave extraction methods, allowing to identify the impact of dietary fiber extraction methods focusing on the revaluation of agricultural residues for food, biotechnological and pharmaceutical use.

Keywords: *Vegetable fibers, ultrasound, microwaves, residues.*

INTRODUCCIÓN

En la agricultura se produce una gran cantidad de desechos agrícolas entre vegetales y frutas, tubérculos, entre otros. Los residuos agrícolas son materiales generados en el proceso de cultivo de diferentes especies, que incluyen hojas, tallos, cascarillas y/o pajas (Pathania y Kaur, 2022) en su mayoría, no tienen un uso definido y a menudo son abandonados o quemados en los campos de cultivo, provocando problemas de contaminación debido a su inadecuada disposición (Rodríguez et al., 2022). La fibra dietética es un tipo de carbohidrato, este se encuentra en los alimentos de origen vegetal; como frutas, verduras, legumbres y cereales, asimismo, la fibra dietética se usa como ingrediente alimentario esta debe tener una relación entre SDF/IDF (Fibra soluble y fibra insoluble) (Pathania y Kaur, 2022).

Los métodos de extracción convencionales tienen desventajas, por esa razón se han adoptado “tecnologías verdes”. Estas tecnologías no solo tienen ventajas durante el proceso de extracción, sino que también eliminan y reducen el consumo de energía utilizando disolventes eutécticos verdes (etanol, etanol con agua, etanol + glicerol, etanol + ácido acético glacial, entre otros.) mejorando el rendimiento de la fibra dietética (Barotto, 2021). La extracción asistida por ultrasonido (EAU), las microondas (EAM), los líquidos presurizados (ELP) y los fluidos supercríticos son las principales técnicas ambientalmente amigables (Carciochi et al., 2017).

Por lo expuesto, la presente revisión es dar a

conocer la aplicación de las tecnologías de extracción verde, enfatizando a las técnicas de extracción asistida por ultrasonido (EAU) y microondas (EAM), para obtener fibra dietética de los residuos agrícolas enfocando y revalorizando estas técnicas, asimismo, mejora en el rendimiento, además, estos procedimientos son amigables con el entorno ambiental.

METODOLOGÍA

Pasos para aplicar el estudio

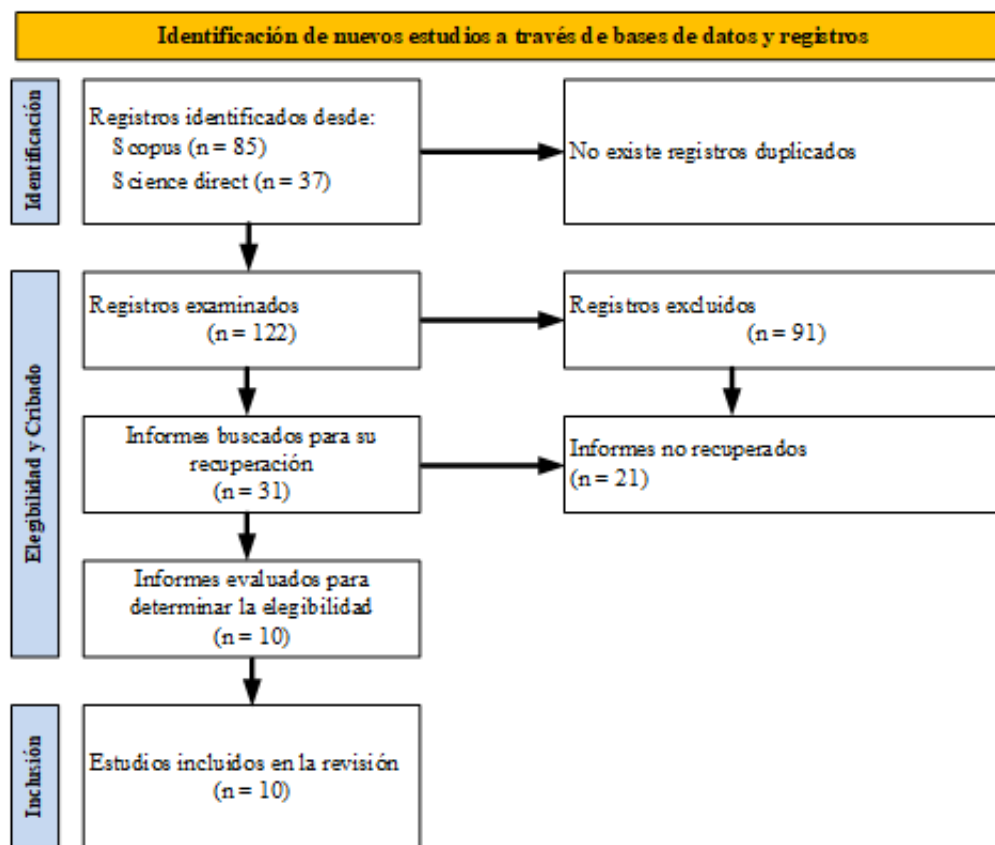
Para el desarrollo de aplicación del estudio, los artículos que se revisaron y clasificaron en base a los criterios PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta Analyses) (PRISMA). Los artículos que cumplen con los criterios se determinaron y son representados en la Figura 1.

Estrategia de búsqueda y selección de estudios

La búsqueda bibliográfica se realizó en la base de datos Scopus y Science direct. En la búsqueda inicial se identificó 308 documentos relevantes, de los 308 documentos, 68 documentos fueron eliminados por el año de publicación. A los 30 estudios restantes se aplicó el criterio de inclusión y exclusión y a los 10 restantes se le realizó la evaluación de calidad y valoración metodológica. El diagrama de búsqueda de artículos y tamizaje respecto al flujo de inclusión de los artículos del estudio está representado en la Figura 1.

Figura 1

Proceso de selección de los artículos en los bases de datos



Revisión detallada de literatura: estrategia de búsqueda y criterios de selección

La estrategia de búsqueda más utilizada en la actualidad se realiza en las bases de datos electrónicas. Sin embargo, esto no es una estrategia simple, dado que, hay un solapamiento de base de datos (Grijalva et al., 2019). Para la búsqueda de información se utilizaron palabras clave en inglés: “dietary fiber”, “emerging technology”, “agricultural residues”. Los artículos de texto completo se revisaron en revistas entre los años 2014 y 2023 se escaneo de la base de datos electrónicos de Scopus y Science direct.

Evaluación de la calidad metodológica según la revisión, codificación en inclusión.

Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que cumplieron los siguientes criterios:

- Métodos de extracción de fibra dietética: Aplicación del pretratamiento de ultrasonido y microondas por tratamiento enzimático, son dos métodos previos para ob-

tener fibra dietética, se estudiaron aquellos relacionados con estos métodos principalmente en residuos agrícolas.

- Tipo de resultado o resultado esperado: La revisión tomo en consideración estudios que incluyeran los métodos por ultrasonido y microondas para obtener fibra dietética.
- Tipo de estudio, En la revisión sistemática se incluyeron estudios de investigaciones originales.

Criterios de exclusión

Algunos artículos fueron excluidos por: (i) tratarse de estudios con flores debido a que no tienen las mismas condiciones fenológicas como en el caso de las verduras, frutas u otros alimentos, (ii) estudios en salud y medicina y (iii) fecha de publicación.

Análisis de los datos

Los datos de cada artículo fueron recuperados mediante la lectura de texto completo y extraídos en una hoja de datos estandariza-

dos. Para aplicar el estudio, los artículos que se incluyeron se clasificaron en base a los criterios PRISMA.

Síntesis de datos

Los resultados de los estudios incluidos en la revisión sistemática fueron resumidos de manera cualitativa, mediante una tabla donde se describieron los resultados de estudios primarios incluidos.

Tabla 1

Literatura incluida sobre los métodos de extracción de fibra dietética de residuos agrícolas.

ID	Título	Autor/es	Tipo de estudio	Población de estudio	Método
1	Impacto de los métodos de extracción sobre las propiedades funcionales y la cinética de extracción de la fibra dietética insoluble de las cáscaras de guisantes verdes: un análisis comparativo	Kumari et al., 2022	Estudio con análisis comparativo	Cáscara de guisante verde (GPP)	Extracción alcalina, extracción asistida por ultrasonido y método de extracción alcalina asistida por ultrasonido (ODF)
2	Influencia de los métodos de modificación sobre las propiedades fisicoquímicas y estructurales de la fibra dietética soluble a partir de salvado de maíz	Li et al., 2022	Estudio de caso y control	Salvado de maíz	Extracción enzimática combinada de doble tornillo, doble tornillo enzimática, ultrasónica y ultrasónica combinada de los métodos con hidrólisis enzimática dual.
3	Fracciones ricas en fibra dietética aisladas de tallos de brócoli como ingrediente funcional potencial con compuestos fenólicos y glucosinolatos	Núñez et al., 2022	Estudio de caso y control	Tallos de brócoli	Extracción con etanol y agua
4	Un estudio comparativo sobre la extracción y las propiedades fisicoquímicas de la fibra dietética soluble del salvado de arroz glutinoso utilizando diferentes métodos	Chen et al., 2023	Estudio de caso y control	Salvado de arroz glutinoso	Extracción con agua caliente y tratamiento enzimático asistido por ultrasonido
5	Efecto de la fibra dietética de apio extraída en aderezos para ensaladas bajos en calorías con probióticos	Tanganurat et al., 2023	Estudio de caso y control	Apio	Extracción usando agua, alcalina (NaOH), Enzimas y ultrasonificación.
6	Optimización de la extracción enzimática asistida por ultrasonido de arabinoxilano a partir de salvado de trigo	Wanget al., 2014	Estudio de caso y control	Salvado de trigo	Tecnología de extracción enzimática asistida por ultrasonido
7	Optimización de la preparación asistida por ultrasonidos de fibra dietética a partir de pericarpio de maíz utilizando la metodología de superficie de respuesta	Wanget al., 2014	Estudio de caso y control	Pericarpio de maíz	Superficie de respuesta por ultrasonido
8	Caracterización de las propiedades estructurales, fisicoquímicas y funcionales de fibras dietéticas solubles obtenidas a partir de la cáscara de maní mediante diferentes métodos de extracción.	Wanget al., 2023	Estudio de caso y control	Cáscara de maní	Método de extracción enzimática (E-SDF), extracción por microondas (M-SDF)
9	Efectos de diferentes tratamientos sobre la composición, propiedades fisicoquímicas y biológicas de la fibra dietética soluble en salvado de trigo sarraceno	Ma et al., 2023	Estudio de caso y control	Salvado de trigo sarraceno	Extrusión, explosión de vapor, microondas, tostado, vapor sobrecalentado, ultrasonido y enzimólisis.
10	Extracción de fibra dietética y fitoquímicos de semillas de calabaza de botella (<i>Lagenaria siceraria</i>), sus propiedades fisicoquímicas y aplicación en modelo alimentario	Devi et al., 2023	Estudio de caso y control	Semillas de calabaza	Extracción alcalina (AED), enzimática (EEDF) y alcalina asistida por ultrasonido (UAE)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la revisión sistemática demuestran que existen estudios enfocados a los métodos de extracción de fibra dietética a partir de vegetales residuos agrícolas. Para los métodos de extracción de fibra corresponden a 30 estudios que cumplieron con el criterio de inclusión y exclusión.

Tabla 2

Métodos de extracción de fibra dietética en estudios de caso-control (muestra) en el metaanálisis para recolectar datos

Autor/es (año)	Revista	Título	Muestra	Método
Lúcia Silva Oliveira et al., 2022.	Tecnología en Nutrición y Ciencia de los Alimentos	Efectos positivos de la fibra dietética a partir de cáscaras de boniato [<i>Ipomea batatas</i> (L.) Lam.] mediante diferentes métodos de extracción sobre el microbiota fecal humana mediante fermentación in vitro	Cáscara decamote	Métodos de agua caliente, microondas, ultrasonidos y agua subcrítica.
Fuso et al., 2023	Foods	Extracción suave asistida por proteasa de fibra soluble y proteína de subproductos de frutas: una perspectiva de biorrefinería	Semillas/granos	Extracción asistida por enzimas suaves (EAE)
Zhang et al., 2023	ELSEVIER	Efectos de tres métodos de extracción sobre las propiedades estructurales y funcionales de fibras dietéticas insolubles a partir de micoproteínas	Micoproteínas	Tratamientos enzimáticos, ácidos y alcalinos
Fidriyanto et al., 2023	Food Prod Process y Nutr	Análisis multivariado de propiedades estructurales y funcionales de fibras de orujo de manzana utilizando diferentes métodos de extracción	Orujo de manzana	Extracción (agua caliente, ácido y alcali)
Li et al., 2014	Revista de Ingeniería y Procesos Alimentarios	Extracción y propiedades funcionales de la fibra dietética hidrosoluble de orujo de manzana	Orujo de manzana	Método asistido por celulasa, microondas y ultrasonido
Li et al., 2022	Alimentos y Función	Comparación de las propiedades de digestión estructural, funcional <i>in vitro</i> del pan incorporado con fibras dietéticas solubles de cáscara de toronja preparado por tres modificaciones asistidas por microondas	Cáscara de toronja	Tratamiento con microondas e hidróxido de sodio SDF (MST-SDF), el tratamiento enzimático con microondas SDF (MET-SDF) y el tratamiento con microondas; tratamiento ultrasónico SDF (MUT-SDF).
Spadoni Andreaniy Karboune, 2020	Journal of Food Science	Comparación de enfoques de extracción alcalina enzimática asistida por microondas para la generación de oligosacáridos a partir de orujo de arándano americano (<i>Vaccinium macrocarpon</i>)	Orujo de arándano americano	Método alcalino asistido por microondas
Peng et al., 2021	LWT	El tratamiento combinado de microondas y enzimática mejora la liberación de compuestos fenólicos unidos insolubles de la fibra dietética insoluble de la cáscara de toronja	Cáscara de toronja	Extracción por microondas (M-BP), hidrólisis enzimática (E-BP) y tratamiento combinado de microondas y enzimas (ME-BP)
Lai et al., 2015	Revista de la Asociación China de Cereales y Aceites	Tecnología de extracción enzimática asistida por ultrasonido de fibra dietética a partir de residuos de camote	Residuo de camote	método enzimático asistido por ultrasonido
Shao et al., 2014	Frontiers of Agriculture in China	Extracción de fibra dietética soluble y hemicelulosa a partir de residuos de <i>Cornus officinalis</i> y preparación de agua potable con fibra	Residuos de <i>Cornus officinalis</i>	metodología de superficie de respuesta
Ma et al., 2023	Biociencia Alimentaria	Efectos de diferentes tratamientos sobre la composición, propiedades fisicoquímicas y biológicas de la fibra dietética soluble en salvado de trigo sarraceno	Salvado de trigo sarraceno	Tratamientos que incluyen extrusión, explosión de vapor, microondas, tostado, vapor sobrecalentado, ultrasonido y enzimólisis,
Dhar y Deka, 2022	Journal of Food Process Engineering	Efecto de la extracción asistida por ultrasonidos de fibra dietética a partir de los residuos de piña Queen variedad más dulce de Tripura (India)	Residuos de piña Queen	Método de extracción alcalino tradicional y superficie de respuesta
Singh et al., 2022	Journal of Food Processing and Preservation	Efecto de la extracción asistida por ultrasonido de fibra dietética de la cáscara de piña y su aplicación con arroz negro rico en antocianinas	Cáscara de piña	Extracción asistida por ultrasonido
Ma et al., 2023	Biociencia Alimentaria	Efectos de diferentes tratamientos sobre la composición, propiedades fisicoquímicas y biológicas de la fibra dietética soluble en salvado de trigo sarraceno	Salvado de trigo sarraceno	Tratamientos que incluyen extrusión, explosión de vapor, microondas, tostado, vapor sobrecalentado, ultrasonido y enzimólisis,

Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

En el estudio realizada por Silva et al. (2022) determinaron fibra dietética a partir de residuos agroindustriales (cáscara de avena, soya y café) a través del método combinado hidrotermal-químico, siendo un proceso eficiente para obtener nuevos ingredientes como la fibra (Silva et al., 2022). Por otro lado, la fibra dietética extraída mediante diferentes métodos como extracción ultrasónica, tratamiento combinado de microondas y enzimático, aplicando tratamientos ácidos, alcalinos y enzimáticos muestra los rendimientos y su efecto en sus características y propiedades funcionales (Zhang et al., 2023). En esta revisión sistemática se examinaron a estudios enfocados en la extracción de fibra dietética a partir de los métodos de ultrasonido y microondas, se encontró que 10 estudios demuestran la efectividad de la aplicación de estos métodos (ultrasonido y microondas) en la obtención de fibra dietética a partir de subproductos (residuos agrícolas). En estos estudios destacan que los métodos de ultrasonido y microondas mejoran el rendimiento, y sus características fisicoquímicas de la fibra dietética obtenida, teniendo en cuenta los parámetros del tiempo y la temperatura (Li et al., 2022). Además, seis estudios demuestran que el uso de los métodos tecnológicos es más efectivo en vegetales, enfocándose en la metodología para extraer fibra dietética garantizando el método y su aplicación en fibras.

CONCLUSIÓN

La fibra dietética en los residuos agrícolas es un procedimiento complejo. En los vegetales existe métodos de extracción de este tipo de fibra como el ultrasonido y microondas. Por ello, se debe enfocar en la metodología de los dos métodos y el uso de tratamientos enzimáticos, ácidos y alcalinos. En general, estos métodos tienen efectos negativos y positivos en el rendimiento y sus características del subproducto, además, para obtener fibra dietética de un producto, alimento o residuo es importante hacer un estudio fenológico y estructural conociendo a profundidad todos los componentes de dicho producto, de manera que al utilizar estos métodos facilite en la extracción de fibra, garantizando y aprovechando las tecnologías para reducir los errores de

obtención. Se puede sugerir que la investigación debe utilizarse diferentes métodos enfatizando a los estudios que se controlan experimentalmente a partir de técnicas verdes e hidroquímicas.

Para la extracción de fibra dietética el mejor método es la tecnología ultrasonido, es mucho mejor para extraer fibra de vegetales, cereales y frutas, mientras que, la tecnología del microondas el rendimiento es menor, también se utiliza en vegetales, frutas y cereales. Los solventes eutécticos se diferencian de los solventes, debido a que no son dañinos con el entorno ambiental.

REFERENCIAS

- Carciochi, R. A., D' Alessandro, L. G., Vauchel, P., Rodriguez, M. M., Nolasco, S. M. y., Dimitrov, K. (2017). Valorization of agrifood by-products by extraction valuable bioactive compounds using green processes. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Ingredients extraction by physicochemical methods in food* (pp. 191-228). London, United Kingdom: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811521-3.00004-1>
- Chen, H., He, S., Sun, H., Li, Q., Gao, K., Miao, X., Xiang, J., Wu, X., Gao, L., y., Zhang, Y. (2023). A Comparative Study on Extraction and Physicochemical Properties of Soluble Dietary Fiber from Glutinous Rice Bran Using Different Methods. *Separations*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/separations10020090>
- Devi, S. R., Kumari, T., y., Deka, S. C. (2023). Extraction of dietary fiber and phytochemicals from bottle gourd seeds (*Lagenaria siceraria*), its physicochemical properties and application in food model. *Food Chemistry Advances*, 2, 100252. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100252>
- Dhar, P., y., Deka, S. C. (2022). Effect of ultrasound-assisted extraction of dietary fiber from the sweetest variety Queen pineapple waste of Tripura (India). *Journal of Food Process Engineering*, e14220. <https://doi.org/10.1111/JFPE.14220>
- Fidriyanto, R., Singh, B. P., Manju, K. M., Widyastuti, Y., y., Goel, G. (2023). Multivariate analysis of structural and functional properties of fibres from apple pomace using different extraction methods. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1). <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100252>

- Fuso, A., Viscusi, P., Larocca, S., Sangari, F. S., Lolli, V., y., Caligiani, A. (2023). Protease-Assisted Mild Extraction of Soluble Fibre and Protein from Fruit By- Products: A Biorefinery Perspective. *Foods*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/foods12010148>
- Grijalva, P. K., Cornejo, Galo E, Gómez, Raquel R, Real, Karina P, y., Fernandez, A. (2019). Herramientas colaborativas para revisiones sistemáticas Collaborative tools for systematic revisions Contenido.
- Haddaway, N-, Page, M., Pritchard, C., y McGuinness, L. (2022). PRISMA 2020: un paquete R y una aplicación Shiny para producir diagramas de flujo compatibles con PRISMA 2020, con interactividad para optimizar la transparencia digital y Open Synthesis Campbell Systematic Reviews, 18 (1230). <https://doi.org/10.34044/J.AN-RES.2023.57.1.13>
- Hussain, S., Sharma, M., y., Bhat, R. (2021). Valorisation of sea buckthorn pomace by optimization of ultrasonic-assisted extraction of soluble dietary fibre using response surface methodology. *Foods*, 10(6).<https://doi.org/10.3390/foods10060330>
- Kumari, T., Das, A. B., y., Deka, S. C. (2022). Impact of extraction methods on functional properties and extraction kinetic of insoluble dietary fiber from greenpea peels: A comparative analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16476. <https://doi.org/10.1111/JFPP.16476>
- Lai, A., Lu, G., y., Wang, Y. (2015). Ultrasonic-assisted enzymatic extraction technology of dietary fiber from sweetpotato residue. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 30(8), 99-104.
- Li, X., He, X., Lv, Y., y., He, Q. (2014). Extraction and Functional Properties of Water- Soluble Dietary Fiber from Apple Pomace. *Journal of Food Process Engineering*, 37(3), 293-298. <https://doi.org/10.1111/JFPE.12085>
- Li, S., Hu, N., Zhu, J., Zheng, M., Liu, H., y., Liu, J. (2022). Influence of modification methods on physicochemical and structural properties of soluble dietary fiber from corn bran. *Food Chemistry: X*, 14, 100298. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2022.100298>
- Lúcia Silva Oliveira, A., Costantini, L., Razid Sarbini, S., y., Xia, Q. (s. f.). Positive effects of dietary fiber from sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.] peels by different extraction methods on human fecal microbiota in vitro fermentation.
- Luo, S., Hou, Y., Xie, L., Zhang, H., Liu, C., y., Chen, T. (2023). Effects of microwave on the potential microbiota modulating effects of agro-industrial by-product fibers among different individuals. *LWT*, 178, 114621. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2023.114621>
- Ma, Q., Yu, Y., Zhou, Z., Wang, L., & Cao, R. (2023). Effects of different treatments on composition, physicochemical and biological properties of soluble dietary fiber in buckwheat bran. *Food Bioscience*, 53, 102517. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102517>
- Núñez-Gómez, V., González-Barrio, R., Baenas, N., Moreno, D. A., y., Periago, M. J. (2022). Dietary-Fibre-Rich Fractions Isolated from Broccoli Stalks as a Potential Functional Ingredient with Phenolic Compounds and Glucosinolates. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(21). <https://doi.org/10.3390/ijms232113309>
- Pathania, S., & Kaur, N. (2022). Utilization of fruits and vegetable by-products for isolation of dietary fibres and its potential application as functional ingredients. *En Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* (Vol. 27). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2021.100295>
- Peng, G., Gan, J., Dong, R., Chen, Y., Xie, J., Huang, Z., Gu, Y., Huang, D., y., Yu, Q. (2021). Combined microwave and enzymatic treatment improve the release of insoluble bound phenolic compounds from the grapefruit peel insoluble dietary fiber. *LWT*, 149, 111905. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2021.111905>
- Shao, Y., Zhang, C., Guo, Y., Xi, P., & Guo, J. (2014). Extraction of soluble dietary fiber and hemicellulose from *Cornus officinalis* residue and preparation of fiber drinking water. *Frontiers of Agriculture in China*, 5(3), 375-381. <https://doi.org/10.1007/S11703-011-1078-2/METRICS>
- Silva, J. B. M. D., Paiva, M. T. P., Pavanello, A. C. L., Mantovan, J., y., Mali, S. (2022). Fiber-rich ingredients obtained from agro-industrial residues through combined hydrothermal-chemical processes. *Food*

Chemistry Advances, 1, 100149. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2022.100149>

- Silva, J. B. M. D., Paiva, M. T. P., Pavanello, A. C. L., Mantovan, J., y., Mali, S. (2022). Fiber-rich ingredients obtained from agroindustrial residues through combined hydrothermal-chemical processes. *Food Chemistry Advances*, 1(November), 100149. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100149>
- Singh, P. M. K., Dhar, P., Bhagya Raj, G. V. S., y., Deka, S. C. (2022). Effect of ultrasound assisted extraction of dietary fiber from pineapple peel and its application with anthocyanin rich black rice. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(11), e17111. <https://doi.org/10.1111/JFPP.17111>
- Spadoni Andreani, E., y., Karboune, S. (2020). Comparison of enzymatic and microwave-assisted alkaline extraction approaches for the generation of oligosaccharides from American Cranberry (*Vaccinium macrocarpon*) Pomace. *Journal of Food Science*, 85(8), 2443-2451. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15352>
- Tanganurat, P., Nanthachai, N., y., Lichanporn, I. (2023). Effect of extracted celery dietary fiber on low-calorie salad dressing with probiotics. *Agriculture and Natural Resources*, 57(1), 125-134.
- Wang, J., Sun, B., Liu, Y., y., Zhang, H. (2014). Optimisation of ultrasound-assisted enzymatic extraction of arabinoxylan from wheat bran. *Food Chemistry*, 150, 482-488. <https://doi.org/10.1016/J.FOOD-CHEM.2013.10.121>
- Wang, L., Fan, R., Yan, Y., Yang, S., Wang, X., y., Zheng, B. (2023). Characterization of the structural, physicochemical, and functional properties of soluble dietary fibers obtained from the peanut shell using different extraction methods. *Frontiers in Nutrition*, 9(3269). <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.1103673/BIBTEX>
- Zhang, X., Zeng, Y., Liu, J., Men, Y., y., Sun, Y. (2023). Effects of three extraction methods on the structural and functional properties of insoluble dietary fibers from mycoprotein. *Food Chemistry Advances*, 2, 100299. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100299>