Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Fibra y polifenoles en cáscara de granada (*Punica granatum L.*) y su utilización en alimentos

Fiber and polyphenols in pomegranate (*Punica granatum* L.) peel and its use in foods

Garrido-Cruz, J.L.[a], Totosaus, A.[b], Pérez-Álvarez, J.A.[c], Pérez-Chabela, M.L.[a]*

[a] Departamento de Biotecnología. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, Av. San Rafael Atlixco 186, 09270, Ciudad de México, México.
[b] Laboratorio y Planta Piloto de Alimentos. TecNM/TES Ecatepec. Av. Central, Ecatepec 55210, Estado de México, México.
[c] Departamento de Tecnología Agroalimentaria, Universidad Politécnica de Orihuela. Universidad Miguel Hernández, Ctra. de Beniel km 3.2, 03312, Orihuela, Alicante, España.
jorgegc18ck@gmail.com; atotosaus@tese.edu.mx; ja.perez@umh.es; lpch@xanum.uam.mx*

Innovación tecnológica: Propiedades y aplicaciones de la fibra y polifenoles presentes en la cáscara de granada.

Área de aplicación industrial: Industria alimentaria y/o farmacéutica.

Recibido: 23 septiembre 2022
Aceptado: 08 febrero 2024

Abstract

The waste (peels) of fruit and vegetables are called agro-industrial co-products, and are a problem due to the environmental pollution they produce, since they are normally thrown away or only used as animal feed. The pomegranate (*Punica granatum* L.) is a fruit of which more than half of its weight is made up of the peel; which is an important source of dietary fiber and polyphenols. Due to these ingredients, pomegranate peel has been studied for its antimicrobial and antioxidant properties. There are many studies with pomegranate peel, so this work includes a brief patent section. The objective of this work was to know the importance of pomegranate peel as a source of fiber and polyphenols and its use in food.

Keywords: *Punica granatum* L., Antimicrobial properties, Polyphenols, Patents.

Resumen

Se les llama coproductos agroindustriales a los residuos (cáscaras) de frutas y hortalizas, las cuales constituyen una problemática debido a la contaminación medioambiental que producen, ya que éstas normalmente se tiran o solo se ocupan como alimento para animales. La granada (*Punica granatum* L.) es una fruta de la cual más de la mitad de su peso lo constituye la cáscara, ésta es una fuente importante de fibra dietética y polifenoles. Debido a estos ingredientes, a la cáscara de granada se le ha estudiado por sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes. Existen muchos estudios con cáscara de granada, por lo que en este trabajo se incluye una breve sección de patentes. El objetivo de este trabajo fue conocer la importancia de la cáscara de granada como fuente de fibra y polifenoles y su utilización en alimentos.

Palabras clave: *Punica granatum* L., Propiedades antimicrobianas, Polifenoles, Patentes.

1. Introducción

La granada (*Punica granatum L.*), es una fruta nativa de Irán, pero se cultiva en amplias zonas agrícolas del mundo, en México se estimó una producción aproximada de 8,760 ton en el 2022 (SAGARPA, 2022). Se ha comprobado, que es fuente de compuestos fitoquímicos tales como compuestos fenólicos (flavonoides, taninos condensados, taninos hidrolizables, etc.), además de fibra dietética [1]; estos compuestos se encuentran en todas las partes que forman el fruto, especialmente en la cáscara, la cual se sabe que representa aproximadamente el 50% del peso del fruto. La cáscara y otros residuos de la granada generalmente suele desecharse o utilizarse para alimento de animales, pero se podría dar un valor agregado en la industria alimentaria debido a sus compuestos funcionales.

Una característica interesante de los ingredientes que contiene la cáscara de granada es que además de inhibir microorganismos patógenos puede promover la viabilidad de microorganismos benéficos como los que constituyen la microbiota intestinal.

II. Revisión de literatura

Granada

La granada (*Punica granatum L.*), es una fruta nativa de Irán, pero se cultiva en amplias zonas agrícolas del mundo. Actualmente existe un interés creciente por esta fruta, debido a los efectos benéficos sobre la salud. La cáscara de granada contiene principalmente compuestos fenólicos los cuales han demostrado tener diversos efectos biofuncionales como la actividad antimicrobiana y antioxidante y es una fuente potencial de fibra dietética [2].

Composición de la granada

La parte comestible (50%) del fruto de la granada está compuesta por un 40% de arilos y un 10% de semillas, y el otro 50% está compuesto por membrana y pericarpio (corteza o cáscara) (Fig. 1). El arilo contiene 85% de agua, 10% de azúcar; principalmente fructosa y glucosa, 1,5% de pectina y ácidos orgánicos (ácido ascórbico, ácido cítrico y ácido málico, entre otros); como compuestos bioactivos los compuestos fenólicos (taninos, antocianinas y flavonoides) (3). Kazemi et al. (2016) [4], reportaron que, por cada tonelada de granada procesada, se generan aproximadamente 700 kg de coproductos, que están formados aproximadamente por un 50% de cáscaras y un 22% de semillas, lo que

lo hace muy atractivo para su valorización y la extracción de compuestos de interés agro tecnológico y farmacéutico.

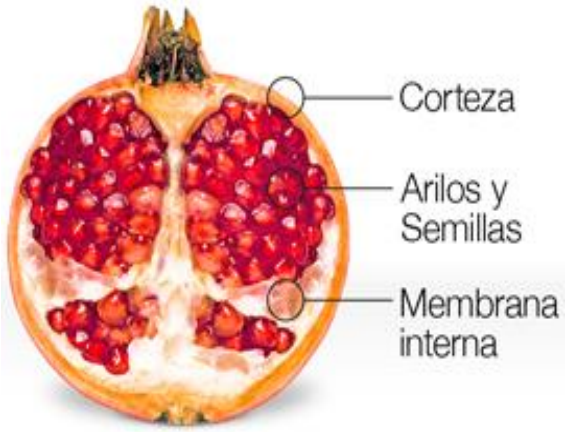


Figura 1. Partes de la granada (*Punica granatum* L.).

Producción de granada en México

La producción mundial de granada en el 2018 se estimó en aproximadamente 2.7 millones de toneladas al año, siendo los principales productores China, India, Irán, Turquía y USA [5].

En México en el año 2022 se sembraron 1,280 ha y se cosecharon 1,145 ha de granada, con una producción de aproximadamente 8.760 ton, siendo Morelos, Hidalgo y Oaxaca los estados con mayor producción de granada (1,620; 1,430 y 1380 ton, respectivamente) [6].

Ingredientes funcionales

Se definen como los componentes extraídos de alimentos, que, cuando se consumen regularmente dentro de una dieta diversa en niveles eficaces, tienen efectos potencialmente positivos en la salud más allá de la nutrición básica [7]. Los ingredientes funcionales más utilizados son: fibra y polifenoles.

Fibra

Trowell (1976) la definió como "sustancias derivadas de plantas que no pueden ser digeridas por las enzimas humanas, incluidos los componentes de la pared celular y los polisacáridos intracelulares de plantas" [8]. La fibra dietética es la fracción de los alimentos que no se digiere ni se absorbe en el intestino delgado humano, sino que se fermenta total o parcialmente en el intestino grueso [9]. Tradicionalmente, se ha clasificado en dos categorías: soluble e insoluble.

La fibra soluble se puede disolver total o parcialmente en agua, generalmente incluye pectinas, gomas y mucílagos, aumentan la motilidad gastrointestinal y el peso seco de las heces. La fibra insoluble por el contrario no se disuelve en agua. Incluyen celulosa, hemicelulosas y lignina, desempeñan un papel fundamental en los procesos digestivos, incluida la promoción de la peristalsis intestinal, el aumento del volumen fecal y la absorción y eliminación rápida de grasas, metales pesados y otras sustancias tóxicas [10].

La fibra es el componente más abundante en la cáscara de granada, se han reportado valores de 33-62% teniendo como componentes principales lignina, celulosa, ácido urónico y azúcares como xilosa, arabinosa y galactosa [11].

Viuda Martos et al. (2012) reportaron valores de 39.6% de fibra dietética en cáscara de granada (3), sin embargo, Torres et al. (2020) encontraron valores de fibra dietética de 52.2% [12]. Maillard-Berdeja et al. (2022) reportaron valores de 41.9% de fibra dietética, siendo mayor la porción de fibra insoluble [13].

La variabilidad de los resultados reportados, puede deberse a la variedad de la granada, el tipo de cultivo, tipo de suelo, etc. Aunque en un estudio comparativo realizado con 8 cultivares diferentes de granada no se reportaron diferencias significativas [14].

Polifenoles

Los polifenoles o compuestos fenólicos son moléculas naturales del metabolismo secundario de las plantas que derivan de las vías de shikimato y de los fenilpropanoides. Se pueden clasificar de acuerdo con el número de anillos de fenol presentes y por los componentes estructurales que unen estos anillos como, por ejemplo, ácidos fenólicos (ácidos hidroxicinámico e hidroxibenzoico), flavonoides (antocianinas, catequinas y otros flavonoides complejos) y taninos hidrolizables (ácidos elágico y gálico, punicalina y punicalagina) [15, 16].

Gullon et al. (2016) determinaron el perfil fenólico de la cáscara de granada, el análisis mostró un total de 8 compuestos fenólicos, siendo la punicagilina el principal componente encontrado (16.67 mg/g), seguido del ácido elágico (0.15 mg/g) [17]. El-Hadary & Ramadan (2019) reportaron 23 compuestos fenólicos y 20 compuestos flavonoides. Los principales compuestos fenólicos fueron catecol (5.96 mg/g) y catequina (3.27 mg/g). Mientras que, los principales compuestos flavonoides fueron hesperidina (5.04 mg/g), quercetina (3.51 mg/g) y hespertina (0.52 mg/g) [18].

La diferencia entre los polifenoles encontrados se debe al método de extracción y tipo de solvente utilizado y el método de secado.

Ranjha et al. (2020) evaluaron la extracción de polifenoles por sonificación y maceración. Utilizaron tres disolventes polares diferentes: metanol, etanol y acetona en dos concentraciones diferentes (50 y 75 %). Se demostró que la sonificación (aplicación de la energía del sonido para agitar las partículas de una muestra) permite extraer una mayor cantidad de polifenoles que la técnica de maceración. Se cuantificó mayor contenido fenólico en extractos de acetona al 75% (44.71 mg GAE/g) y con metanol al 50% (72.21 mg GAE/g) en cáscara de granada [19]. Kuprik et al. (2022) evaluaron diferentes métodos de extracción tales como la maceración en frío, el ultrasonido, extracción por el método Soxhlet y extracción de fluido supercrítica, siendo esta la mejor encontrada [20].

La temperatura de secado es otro factor importante, Kumar et al. (2022) utilizaron el secado al sol, la liofilización y la estufa para secar cáscaras de granada, encontrando que la liofilización es el mejor método de secado, determinado por la mayor cantidad de polifenoles encontrado [21].

De Oliveira et al. (2023) evaluaron el efecto de la temperatura de secado de las cáscaras de granada en la cantidad de polifenoles, ellos encontraron que la mejor temperatura de secado fue 60 °C donde encontraron más de 15 clases de compuestos polifenólicos [22].

Abid et al. (2017) realizaron un análisis fitoquímico de 24 compuestos fenólicos por LC–MS/MS de extractos de cáscara de granada en agua, etanol y acetona. Se cuantificó un alto contenido de elagitaninos con punicalagina y derivados de punicalagina como compuestos principales [23].

Propiedades antioxidantes y antibacterianas de la cáscara de granada

Debido a la cantidad de polifenoles presentes a la cáscara de granada se le han atribuido propiedades antioxidantes y antibacterianas.

Propiedades antioxidantes

La cáscara de granada es considerada un ingrediente con actividad antioxidante. Salwe et al. (2015) utilizaron ratas *Wistar* diabéticas inducidas por estreptozotocina y encontraron que la glibenclamida en combinación con extracto de la cáscara de granada (200 mg/kg peso corporal) era más eficaz para reducir las

sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico en plasma y aumentar los niveles de enzimas antioxidantes (superóxido dismutasa y catalasa) [24].

Turgut et al. (2017) investigaron el efecto antioxidante de extractos de cáscara (CG) de granada para retardar la oxidación de lípidos y proteínas en albóndigas de res durante el almacenamiento congelado. Se incorporó extracto liofilizado de cáscara de granada a la mezcla de albóndigas en concentraciones de 0.5% y 1% y se comparó con 0.01% (BHT) y controles negativos, después de 6 meses de almacenamiento, en CG al 1.0% la formación de peróxido, malonaldehído y carbonilo, la pérdida de solubilidad proteica total y grupos sulfhidrilo fueron significativamente menores que las muestras control. Igualmente, favoreció la intensidad del color (C) y el valor de tono (h*) [25]. Por otro lado, Firuzi et al. (2019) estudiaron el efecto del extracto de cáscara de granada incorporando 10 mg equivalentes de ácido gálico/100 g sobre la oxidación de salchichas durante 60 días de almacenamiento a 4 °C. La rancidez oxidativa (TBARS), de las salchichas durante el almacenamiento refrigerado se redujo significativamente ($P < 0.05$) por la incorporación del extracto en polvo de cáscara de granada [26].

Benchagra et al. (2021) estudiaron extractos de cáscara de granada marroquí demostrando que los ensayos de eliminación de radicales libres de DPPH, poder reductor (FRAP) y eliminación de peróxido de hidrógeno mostraron una mayor actividad dependiente de la dosis del extracto fenólico de cáscara de granada (PPPE) en comparación con el extracto fenólico de arilo de granada (PAPE). PPPE también fue más potente que PAPE en cuanto a su capacidad para inhibir la formación de dienos conjugados y para reducir la desaparición de α-tocoferol inducida por la peroxidación de lipoproteínas de baja densidad mediada por $CuSO_4$. Curiosamente, ambos extractos (PPPE y PAPE) inhibieron significativamente la peroxidación de lípidos y la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS) en células de cáncer de vejiga humana J82 estresadas [27]. Por su parte Sihag et al. (2022) mostraron que los valores IC_{50} para la actividad de eliminación de radicales libres de DPPH, el ensayo ABTS y la actividad de inhibición de la peroxidación lipídica fueron tan bajos como 0.1, mientras que lo mismo para la actividad de eliminación de radicales hidroxilos fue de 0.6 μg/ml. A una concentración de 0.21 μg/ml, los fenoles eliminaron ~60% de los radicales DPPH, mientras que a un contenido fenólico de 98.9 μg/ml, el extracto quelaba el 60% del metal de hierro. A una dosis de 0.09 μg/ml, los compuestos fenólicos redujeron la peroxidación lipídica en un 53% en un modelo de huevo homogeneizado [28].

Otras posibles aplicaciones para aprovechar la capacidad antioxidante de la cáscara de granada la describen Ordaz-Rodríguez et al. (2022) que valuaron la extracción asistida por ultrasonido (EAU) de la cáscara de granada para su uso como conservante utilizando agua como solvente, para su aplicación en hamburguesas de pollo. Los extractos obtenidos en las condiciones de amplitud: 50%, temperatura: 38 °C y tiempo: 15 min. a una concentración de 0.8% indicaron que el conservante extraído ejerce la capacidad de retrasar la oxidación de la carne hasta por 7 días [29].

Propiedades antimicrobianas

Debido a la cantidad de polifenoles presentes en la cáscara de granada, se ha estudiado sus propiedades antimicrobianas. Pagliarulo et al. (2016) evaluaron la actividad de los extractos de cáscara de granada crudos y purificados contra patógenos aislados clínicamente (*Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli).* Las concentraciones de 2.4 y 8 mg de extracto

de cáscara de granada / caja Petri demostraron una mayor actividad antibacteriana, formando una gran zona de inhibición (15-30 mm) contra los dos microorganismos [30]. Por otro lado, Nozohour et al. (2018) investigaron la actividad antibacteriana de extractos etanólicos de cáscara y semilla de granada frente a *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus* reportando que las concentraciones inhibitorias mínimas (CIM) de los extractos de cáscara y semillas de granada fueron de 12,5 y 25 mg/ml, respectivamente. Además, se encontró que las concentraciones bactericidas mínimas (MBC) de los extractos de cáscara y semillas de granada eran de 25 y 50 mg/ml, respectivamente. Las zonas de inhibición medias y los valores de CMI indicaron que la actividad antibacteriana del extracto de cáscara de granada tuvo un efecto más potente en comparación al de la semilla [31].

También se ha utilizado la harina de cáscara de granada en el desarrollo de una película de empaque activa. Las actividades antimicrobianas de la película también tuvieron una mejora significativa con incorporación de la harina de cáscara de granada. *S. aureus* resultó ser la bacteria más sensible a la película activa, seguida de *L. monocytogenes* y *E. coli*. Por lo cual, la utilización de la cáscara de granada puede ayudar a mantener la calidad y prolongar la vida útil de los productos [32].

Alexandre et al. (2019) evaluaron la actividad antimicrobiana de extractos de cáscara de granada realizada por extracción a altas presiones y utilizando enzimas. Todos los extractos estudiados demostraron una actividad antimicrobiana que fue selectiva contra bacterias patógenas como *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* y *Listeria monocytogenes*; y sin afectar a las bacterias benéficas. Los análisis de componentes principales revelaron que la actividad antioxidante y el contenido de compuestos fenólicos estaban fuertemente relacionados con la actividad antimicrobiana [33]. Zhuang et al. (2019) investigaron el efecto de los extractos acuosos y etanólicos de cáscara de granada en la microbiota y la calidad de los filetes de carpa (*Aristichthys nobilis*) almacenados a 4 °C reportando que el extracto acuoso y el extracto etanólico retardaron el deterioro de la calidad sensorial y el color de la pulpa, inhibieron el crecimiento de bacterias de descomposición y atenuaron la producción de aminas biogénicas, nitrógeno básico volátil total (TVB-N) y la degradación de compuestos relacionados con ATP. Además, el extracto etanólico se comportó mejor en los atributos de color y las aminas biogénicas, pero el extracto acuoso fue más eficaz para retardar el aumento del valor de TVB-N. Basado en análisis de calidad y microbianos, el extracto etanólico prolongó la vida útil de los filetes de carpa durante aproximadamente 2 días [34].

Elshafie et al. (2021) analizaron un extracto acuoso obtenido mediante un método de microextracción en fase sólida. Se examinó la actividad antifúngica frente a los hongos fitopatógenos, *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora cinnamomi*, *Penicillium digitatum* y *Botrytis cinerea* y se evaluó la actividad antibacteriana frente a *Escherichia coli*, *Xanthomonas campestris*, *Bacillus megaterium* y *Clavibacter michiganensis*. Los ensayos mostraron, en algunos casos, un efecto antimicrobiano prometedor en comparación con los compuestos sintéticos como antibióticos (tetraciclina y kanamicina) y antifúngicos (cicloheximida y azoxistrobina) utilizando concentraciones de 5 y 10 mg/ml. Destacando que el mayor efecto inhibitorio fue respecto a las bacterias, siendo contra *E. coli* donde se encontró mayor actividad antimicrobiana [35]. Por otra parte, Gosset-Erard et al. (2021) obtuvieron extractos con agua/etanol (1:1; v/v) y etanol, demostrando que los extractos mostraban una

actividad antimicrobiana significativa con diámetros de zonas de inhibición de hasta 20 mm. Los extractos etanólicos, que fueron más activos, se identificaron por espectrometría de masas. La punicalagina, bajo sus formas anoméricas α y β, se identificó como el compuesto antibacteriano en los extractos de cáscara de granada. Ambas formas fueron activas con valores de concentración mínima inhibitoria entre 0.3 y 1.2 µg/ml, respecto a bacterias como *Pseudomonas aeruginosa, Salmonella enteritidis, Escherichia coli, Staphylococcus epidermidis, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecium, Enterococcus faecalis* [36].

La cáscara de granada es una valiosa fuente de compuestos bioactivos, con actividad antimicrobiana, por lo cual es necesario considerar el uso de tecnologías que nos permitan preservar su integridad. Rahnemoon et al. (2021) determinaron la actividad antimicrobiana de las nanocápsulas que contenían 200 mg/ml de extracto, los resultados se compararon con los obtenidos utilizando 200 mg/ml de extracto no encapsulado, demostrando que las cápsulas que contenían extracto de cáscara de granada tenían mayores efectos inhibidores microbianos en la carne de pechuga de pollo fresca durante el tiempo de almacenamiento (a 4 °C durante dos semanas). Parece que, debido a la liberación controlada del extracto a través de las cápsulas, se logró una mayor actividad antimicrobiana [37]. El Beltagy et al. (2022a) reportaron actividad antimicrobiana del extracto metabólico de cáscara de granada contra *K. pneumoniae, P. aeruginosa, S. marcescens, S. aureus* y *E. coli,* bacterias grampositivas y gramnegativas que pueden causar infecciones en humanos [38].

Utilización de la cáscara de granada en alimentos

La harina de granada ha sido ocupada desde hace varios años en alimentos, Kaur et al. (2015), analizaron el efecto de la adición de harina de granada en la elaboración de Nuggets encontrando como resultado que aumentó significativamente el contenido de fibra además de mejorar varios atributos sensoriales de los productos. Se observó un efecto significativo reduciendo el pH mejorando la estabilidad de la emulsión y el rendimiento de cocción de los Nuggets de pollo [39].

Dhaouadi et al. (2016) estudiaron el efecto del extracto de cáscara de granada en la estabilidad química del té verde durante el almacenamiento, ellos utilizaron cromatografía líquida de alta resolución con detección de matriz de diodos y espectrometría de masas de ionización por electrospray. Después del almacenamiento a 4 °C durante 15 días, el contenido fenólico disminuyó relativamente menos en comparación con el control (≈36%) debido a la utilización del extracto de granada [40].

Bhol et al. (2016), estudiaron el efecto de sustituir la harina de trigo por harina de cáscara de granada en la elaboración de pan, encontrando como resultado que la harina de cáscara de granada en un 20% de sustitución fue la formulación más aceptada sensorialmente, a pesar de que, si presentó diferencia significativa el tratamiento con respecto al control en cuanto a parámetros de textura, esta variación parece no ser perjudicial sensorialmente, además de ser fuente importante de fibra dietética principalmente, fibra insoluble [41].

Drinić et al. (2020) investigaron la influencia del extracto de cáscara de granada al 0.1% y una combinación de antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BTH) al 0.01% con

extracto de cáscara de granada (0.05%). Midieron el índice de acidez, índice de peróxido, índice de anisidina y valor de sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico, durante el almacenamiento durante 12 días a 65 °C. Además, se midió el contenido fenólico total y la actividad de eliminación de radicales DPPH. El extracto de cáscara de granada, así como la combinación con BHT tuvo un impacto positivo significativo, en la mejora de los parámetros de calidad y estabilidad del aceite de semilla de granada. Asimismo, dicha actividad fue mejor que la BHT usada sola [42].

Gutiérrez-Pacheco et al. (2021) evaluaron las propiedades fisicoquímicas, sensoriales del jugo de granada (JG) y cáscara de granada (CG). La adición de JG no modificó las propiedades fisicoquímicas de las salchichas, pero la CG afectó estos parámetros ya que el color se tornó moderadamente más obscuro, verdoso y amarillento (reducción del parámetro a* y aumento de b*) cuando se utilizó al 2%, de igual manera redujo los valores de dureza, elasticidad, etc. Además, todos los tratamientos tuvieron buena aceptabilidad por parte de los panelistas a excepción de CG, que obtuvo puntajes más bajos [43].

Maillard-Berdeja et al. (2022) utilizaron harina de cáscara de granada para reemplazar parte de la grasa (2% y 4% de sustitución), en un chorizo. Describen que la harina de cáscara de granada presentó un alto contenido de fibra dietética (41.9%). La fibra incrementó la capacidad de retención de agua, disminuyendo la actividad de agua y el pH de los chorizos durante el almacenamiento a 4 °C. La harina de cáscara de granada aumentó el tono de color de los chorizos y disminuyó la intensidad del color. La aceptación sensorial de los chorizos con harina de cáscara de granada fue superior a la del control, aunque el sabor y la textura obtuvieron una puntuación inferior a la de la muestra control. La harina de cáscara de granada mejoró la aceptación positiva de los consumidores, no neofóbicos [13].

ElBeltagy et al. (2022b), realizaron una molienda ultrafina (nanoescala) de cáscara de granada en un molino de bolas, para ser utilizada para elaborar albóndigas de carne de res formuladas al 0.5 % (p/p) de la harina ultrafina, ellos reportaron que la adición de cáscara cruda y ultrafina a las albóndigas disminuye la formación de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), peróxido (PV) y nitrógeno volátil (siendo mejores los resultados para la harina "ultrafina") y mantiene los atributos sensoriales hasta 9 días de almacenamiento en frío (5±2 °C). No se observaron diferencias significativas en PV y TBARS de albóndigas formuladas con 0.5% de harina ultrafina y 0.1% de butilhidroxitolueno (BHT) [44].

Bashir et al. (2022) realizaron películas con cáscara de granada y cubrieron Nuggets de pollo, sus resultados mostraron que los Nuggets cubiertos con películas reducen la rancidez oxidativa y disminuyen la cantidad de mesófilos aerobios y coliformes [45].

García et al. (2023) incorporaron harina de cáscara de granada como fuente de fibra y antioxidante en pan. La mayor aceptabilidad de los panes fue cuando se incorporó 5% de cáscara de granada la cual redujo considerablemente el índice glicémico del pan [46]. También se ha incorporado la harina de cáscara de granada en galletas donde las evaluaron sensorialmente, encontrando que la adición de 5% de harina de CG no afecta los atributos sensoriales [47].

También se ha estudiado a la harina de cáscara de granada como prebiótico en un encapsulado simbiótico utilizando a *Lactococccos lactis, Lactobacillus plantarum, L. paracasei* y *Sacharomyces cerevisiae* como probióticos, esto con la

finalidad de reducir el uso de antibióticos en animales, se demostró que las cápsulas sobrevivieron a la acidez gástrica y al almacenamiento por 6 meses a temperatura ambiente, también las cápsulas tuvieron actividad antimicrobiana contra *Escherichia coli* [48].

Patentes disponibles en la literatura

La cáscara de granada se ha utilizado en diferentes patentes (Tabla 1), la gran cantidad de fibra y polifenoles, la hace que pueda ser ocupada, no solo como ingrediente funcional en alimentos, también puede ser una fuente de antioxidantes, se puede ocupar también en la industria farmaceútica, como conservador, en la alimentación animal, como composta, como plaguicida natural, en la fabricación de películas comestibles y como antimicrobiano.

Tabla 1. Patentes que utilizan cáscara de granada (*Punica granatum* L.).

Título	Titular o Inventor	Número y Fecha de publicación	CITA
Proceso de purificación y recuperación en escala semipreparativa de elagitaninos y punicalagina.	UNIVERSIDAD AUTONOMA DE COAHUILA (México)	MX/a/2016/008579 (México) 28 de junio 2016	49
Método y material para el acomplejamiento activado en el sitio de moléculas biológicas.	METAACTIV, INC. (EUA)	WO2010/101844 (Internacional) 01 de marzo 2010 MX 344857 B (México) 10 de enero 2017	50
Método de elaboración del electuario de cáscara de granada	Universidad Normal de Fuyang (China)	CN106333973A 18 de enero 2017	51
Composición, formulación y procedimiento de obtención de composiciones que contienen té verde, cafeína, extracto de granada, ácidos grasos de cadena media, L-tirosina, vitaminas, excipientes y aditivos nutraceútica y farmacéuticamente aceptados, y su uso como quemador de grasa en personas con actividades físicas deportivas.	ARAMA NATURAL PRODUCTS DISTRIBUIDORA LTDA (Chile)	CL20180000265 (A1) 13 abril 2018	52
Método de preparación de un aditivo antioxidante de la cáscara de granada.	Universidad de Artes y Ciencias de Hubei (China)	CN108142775A 12 de junio 2018	53
Un conservante ecológico para la protección de frutas y verduras y un método de preparación del mismo.	Hefei Huiminghan Agricultura Ecológica Technology Co. Ltd (China)	CN107047749A 18 de agosto 2018	54
Productos para administración oral que comprenden extractos de granada (*P granatum*), pensados para un animal de compañía y aplicaciones de los mismos.	Virbac SA (Francia)	ES2716278 11 de junio 2019	55
Conservante natural de conservación de productos cárnicos marinados en salsa	Suzhou Wenda Food Ingredients Co ltd (China)	CN111838296A 30 de octubre 2020	56

Método para la conservación del bonito (*T. alalunga*) por ultra alta presión acoplada con ε-polilisina	Universidad Oceánica de Zhejiang (China)	CN108013118A 5 de enero 2021	57
Proceso de extracción de biocompuestos a partir del residuo agroindustrial fraccionado de granada (*P. granatum*)	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann (Perú)	PE20210385 (A1) 2 de marzo 2021	58
Composta a base de granada (*P. granatum*) y su uso como plaguicida contra bacterias fitopatógenas	Universidad de Brasilia y Universidad Federal de Maranhão (Brasil)	BR102021013032 (A2) 10 enero 2023	59
Material vegetal reconstituido y su uso para empaquetar, envolver y para aplicaciones alimentarias	SWM LUXEMBOURG, SARL (Luxemburgo)	ES2910129 T3 11 de mayo 2022	60

III. Conclusión

La cáscara de granada es una fuente importante de ingredientes funcionales, como los polifenoles y la fibra. Debido a estos compuestos, la cáscara de granada posee actividades antioxidantes y actividades antimicrobianas, los cuales podrían ser de gran utilidad no solo como ingrediente funcional en alimentos, sino como empaque en alimentos, en la alimentación animal, la industria farmacéutica, cosmética, como plaguicida, etc.

IV. Referencias

1. Villacorta, L. M., "Utilización de subproductos agroindustriales en alimentos", *UCV-SCIENTIA*, 9(1), 2017, 167-167.

2. Akhtar, S., Ismail, T., Fraternale, D., & Sestili, P., "Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features", *Food Chem*, 174, 2015, 417-425. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.11.035

3. Viuda-Martos, M., Sánchez Zapata, E., Martin Sánchez, A., Ruiz Navajas, Y., Fernández López, J., Sendra, E., Sayas Barbera, E., Pérez Álvarez, J. 2012. *Technological Properties of Pomegranate peel extract obtained as coproduct of juice processing*. Capítulo 37. In. Dietary fiber and health. S. Cho & N. Almeida (Eds.). Estados Unidos: CRS Press, 443-452 p.

4. Kazemi, M., Karim, R., Mirhosseini, H., & Hamid, A. A., "Optimization of pulsed ultrasound-assisted technique for extraction of phenolics from pomegranate peel of Malas variety: Punicalagin and hydroxybenzoic acids", *Food Chem.*, 206, 2016, 156-166. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.03.017

5. Erkan, M., & Dogan, A. 2018. *Pomegranate/Roma—Punica granatum. In Exotic Fruits*. Academic Press. Akdeniz University, Antalya, Turkey. 355-361 p. DOI: 10.1016/B978-0-12-803138-4.00049-6

6. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SAGARPA. 2019. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Pág. 10-12

7. Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P., "Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety", *Annu Rev Food Sci Technol.*, 11, 2020, 93-118. DOI: 10.1146/annurev-food-032519-051708

8. Trowell, H., "Definition of dietary fiber and hypotheses that it is a protective factor in certain diseases". *Am. J. Clin. Nutr.*, 29(4), 1976, 417-427. DOI: 10.1093/ajcn/29.4.417

9. Macagnan, F. T., da Silva, L. P., & Hecktheuer, L. H., "Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds", *Food Res Int,* 85,

2016, 144–154. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.04.032.

10. Makki, K., Deehan, E. C., Walter, J., & Bäckhed, F., "The impact of dietary fiber on gut microbiota in host health and disease". *Cell host & microbe*, 23(6), 2018, 705-715. DOI: 10.1016/j.chom.2018.05.012

11.- Li J and Zang J (2022) Pomegranate Peel as a Source of Bioactive Compounds: A Mini Review on Their Physiological Functions. Front. Nutr. 9:887113. doi: 10.3389/fnut.2022.887113

12. Torres, Á., Lebed, M., Cabrera, P. L. A., Curutchet, A., & Cozzano, S., "De residuo industrial a ingrediente funcional: el potencial de la cáscara de Granada". Innotec. 1, 2020. 76-96.

13. Maillard-Berdeja, K. V., Ponce-Alquicira, E., Schettino Bermúdez, B. S., & Perez-Chabela, M. L. "Pomegranate (*Punica granatum* L.) peel flour as functional ingredient for chorizo: Effect physicochemical and sensory characteristics of functional meat products."*Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology* 26 (1), 2022, 33-42. DOI: 10.2478/aucft-2022-0003

14. Parisi, V.; Santoro, V.; Donadio, G.; Bellone, M.L.; Diretto, G.; Sandri, C.; Mensitieri, F.; De Tommasi, N.; Dal Piaz, F.; Braca, A. Comparative Chemical Analysis of Eight Punica granatum L. Peel Cultivars and Their Antioxidant and Anti-Inflammatory Activities. Antioxidants 2022, 11, 2262. https://doi.org/10.3390/antiox11112262

15. Corzo, N., Alonso, J. L., Azpiroz, F., Calvo, M. A., Cirici, M., Leis, R. & Clemente, A., "Prebióticos; concepto, propiedades y efectos beneficiosos", *Nutr Hosp*, 31(1), 2015, 99-118.

16. Cutrim, C. S., & Cortez, M. A. S., "A review on polyphenols: Classification, beneficial effects and their application in dairy products", *Int. J. Dairy Technol*., 71(3), 2018, 564-578. DOI: 10.1111/1471-0307.12515

17. Gullón, B., Pintado, M, Pérez-Álvarez, J, & Viuda-Martos, M. "Assessment of polyphenolic profile and antibacterial activity of pomegranate peel (*Punica granatum*) flour obtained from co-product of juice extraction." *Food control*, 59, 2016, 94-98. DOI: 10.1016/j.foodcont.2015.05.025

18. El-Hadary, A. E., & Ramadan, M. F., "Phenolic profiles, antihyperglycemic, antihyperlipidemic, and antioxidant properties of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract", *J. Food Biochem*., e12803. 2019, DOI: 10.1111/jfbc.12803

19. Ranjha, M, Amjad, S., Ashraf, S., Khawar, L., Safdar, M. N., Jabbar, S., Murtaza, M. A. "Extraction of polyphenols from apple and pomegranate peels employing different extraction techniques for the development of functional date bars."*International Journal of Fruit Science* 20.sup3, 2020, S1201-S1221. DOI: 10.1080/15538362.2020.1782804

20. Kupnik, K.; Leitgeb, M.; Primožič, M.; Postružnik, V.; Kotnik, P.; Kučuk, N.; Knez, Ž.; Marevci, M.K. Supercritical Fluid and Conventional Extractions of High Value-Added Compounds from Pomegranate Peels Waste: Production, Quantification and Antimicrobial Activity of Bioactive Constituents. Plants 2022, 11, 928. https://doi.org/10.3390/plants11070928

21. Kumar, N., Pratibha, Neeraj, Sami, R., Khojah, E., Aljahani, A., Amina, A.M., Al-Mushhin. Effects od drying methods and solvent extraction on quatification of major bioactive compounds in pomegranate peel waste using HPLC. Scientific Reports, 2022, https://doi.org/10.1038/s41598022-11881-7.

22. de Oliveira Sousa, R., Wanderley, R.M.F., Alexandre José de Melo, Q.A., z,

Francislaine Suelia dos Santos, Aline Priscila de França Silva, Yaroslávia Ferreira Paiva, Henrique Valentim Moura, Eugênia Telis de Vilela Silva, Ana Júlia de Brito Araújo Carvalho, Marcos dos Santos Lima, Ana Regina Nascimento Campos, Mailson Gonçalves Gregório, Antônio Gilson Barbosa de Lima, Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours, LWT, Volume 189, 2023, 115514, ISSN 0023-6438, https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115514.

23. Abid, M., Yaich, H., Cheikhrouhou, S., Khemakhem, I., Bouaziz, M., Attia, H., & Ayadi, M. A., "Antioxidant properties and phenolic profile characterization by LC–MS/MS of Tunisian pomegranate peels", *JFST*, 54(9), 2017, 2890–2901. DOI: 10.1007/s13197-017-2727-0

24. Salwe, K. J., Sachdev, D. O., Bahurupi, Y., & Kumarappan, M. "Evaluation of antidiabetic, hypolipedimic and antioxidant activity of hydroalcoholic extract of leaves and fruit peel of *Punica granatum* in male Wistar albino rats." Journal of natural science, biology, and medicine 6 (1), 2015, 56. DOI: 10.4103/0976-9668.149085

25. Turgut, S. S., Işıkçı, F., & Soyer, A., "Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage", Meat Sci., 129, 2017, 111–119. DOI: 10.1016/j.meatsci.2017.02.019.

26. Firuzi, M. R., Niakousari, M., Eskandari, M. H., Keramat, M., Gahruie, H. H., & Khaneghah, A. M., "Incorporation of pomegranate juice concentrate and pomegranate rind powder extract to improve the oxidative stability of frankfurter during refrigerated storage", LWT-Food Sci Technol, 102, 2019, 237–245. DOI: 10.1016/j.lwt.2018. 12.048

27. Benchagra, L., Berrougui, H., Islam, M. O., Ramchoun, M., Boulbaroud, S., Hajjaji, A., & Khalil, A. "Antioxidant effect of moroccan pomegranate (*Punica granatum* L. sefri variety) extracts rich in punicalagin against the oxidative stress process." Foods 10 (9), 2021, 2219. DOI: 10.3390/foods10092219

28. Sihag, S., Pal, A., & Saharan, V. "Antioxidant properties and free radicals scavenging activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels: An in-vitro study." Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 42, 2022, 102368. DOI: 10.1016/j.bcab.2022.102368

29. Ordaz-Rodríguez, S. B., Abadía-García, L., Huerta-Manzanilla, E. L., & Mendoza-Sánchez, M. "Ultrasound-assisted extraction of pomegranate peel antioxidants: A green process to obtain a meat preservative." Journal of Food Processing and Preservation 46 (7), 2022, e16712. DOI: 10.1111/jfpp.16712

30. Pagliarulo, C., De Vito, V., Picariello, G., Colicchio, R., Pastore, G., Salvatore, P., & Volpe, M. G., "Inhibitory effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) polyphenol extracts on the bacterial growth and survival of clinical isolates of pathogenic *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*", Food Chem., 190, 2016, 824–831. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.06.028.

31. Nozohour, Y., Golmohammadi, R., Mirnejad, R., & Fartashvand, M., "Antibacterial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) seed and peel alcoholic extracts on *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from health centers", J Appl. Biotechnol. Rep., 5(1), 2018, 32-36. DOI: 10.29252/jabr.01.01.06

32. Hanani, Z. N., Yee, F. C., & Nor-Khaizura, M. A. R., "Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the antioxidant and antimicrobial properties of fish gelatin films as active packaging". Food Hydrocoll., 89, 2019, 253-259. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2018.10.007

33. Alexandre, E. M, Silva, S., Santos, S. A., Silvestre, A. J., Duarte, M. F., Saraiva, J. A., & Pintado, M., "Antimicrobial activity of pomegranate peel extracts performed by high pressure and enzymatic assisted extraction", Food Res Int, 115, 2019, 167-176.

34. Zhuang, S., Li, Y., Jia, S., Hong, H., Liu, Y., & Luo, Y., "Effects of pomegranate peel extract on quality and microbiota composition of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fillets during chilled storage", Food Microbiol., 82, 2019, 445–454. DOI: 10. 1016/j.fm.2019.03.019

35. Elshafie, H. S., Caputo, L., De Martino, L., Sakr, S. H., De Feo, V., & Camele, I. "Study of bio-pharmaceutical and antimicrobial properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) leathery exocarp extract." Plants 10 (1), 2021, 153. DOI: 10.3390/plants10010153

36. Gosset-Erard, C., Zhao, M., Lordel-Madeleine, S., & Ennahar, S. "Identification of punicalagin as the bioactive compound behind the antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peels." Food Chemistry 352, 2021, 129396. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129396

37. Rahnemoon, P., Sarabi-Jamab, M., Bostan, A., & Mansouri, E. "Nano-encapsulation of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract and evaluation of its antimicrobial properties on coated chicken meat". Food Bioscience 43, 2021, 101331. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101331

38. El-Beltagi, H.S.; Eshak, N.S.; Mohamed, H.I.; Bendary, E.S.A.; Danial, A.W. Physical Characteristics, Mineral Content, and Antioxidant and Antibacterial Activities of Punica granatum or Citrus sinensis Peel Extracts and Their Applications to Improve Cake Quality. Plants 2022a, 11, 1740. https://doi.org/10.3390/plants11131740

39. Kaur, S., Kumar, S. & Bhat, Z., "Utilization of pomegranate seed powder and tomato powder in the development of fiber-enriched chicken nuggets", *NFS*, 45(5), 2015, 793-807. DOI: 10.1108/NFS-05-2015-0066

40. Dhaouadi, K., Belkhir, M., Raboudi, F., Mecha, E., Ghommeme, I., Bronze, M. D. R., & Fattouch, S., "Pomegranate and mint syrup addition to green tea beverage stabilized its polyphenolic content and biofunctional potentials during refrigerated storage", *J. Food Sci. Technol.*, 53(2), 2016, 1164-1177. DOI: 10.1007/s13197-015-2109-4

41. Bhol, S., Lanka, D. & Bosco, J., "Quality characteristics and antioxidant properties of breads incorporated with pomegranate whole fruit bagasse". *J Food Sci Technol.*, 53(3), 2016, 1717 – 1721. DOI: 10.1007/s13197-015-2085-8

42. Drinić, Z., Mudrić, J., Zdunić, G., Bigović, D., Menković, N., & Šavikin, K., "Effect of pomegranate peel extract on the oxidative stability of pomegranate seed oil", *Food Chem.*, 333, 2020, 1-8. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127501

43. Gutiérrez-Pacheco, S. L., Camou, J. P., Cumplido-Barbeitia, G., González-Ríos, H., Ayala-Zavala, J. F., Heredia, J. B., & Valenzuela-Melendres, M. "Effects of pomegranate juice and pomegranate peel powders on quality properties and antioxidant activity of pork sausage." *Journal of Food Processing and Preservation* 45 (9), 2021, e15755. DOI: 10.1111/jfpp.15755

44. ElBeltagy, A. E., Elsayed, M., Khalil, S., Kishk, Y. F., Fattah, A. F. A. A., & Alharthi, S. S. "Physical, Chemical, and Antioxidant Characterization of Nano-Pomegranate Peel and Its Impact on Lipid Oxidation of Refrigerated Meat Ball."*Journal of Food Quality*, 2022b. DOI: 10.1155/2022/4625528

45. Bashir, S.; Arshad, M.S.; Khalid, W.; Nayik, G.A.; Al Obaid, S.; Ansari, M.J.; Moreno, A.; Karabagias, I.K. Effect of Antimicrobial and Antioxidant Rich Pomegranate Peel Based Edible Coatings on Quality and Functional Properties of Chicken Nuggets. Molecules 2022, 27, 4500.

https://doi.org/10.3390/ molecules27144500

46. García, P.; Bustamante, A.; Echeverría, F.; Encina, C.; Palma, M.; Sanhueza, L.; Sambra, V.; Pando, M.E.; Jiménez, P. A Feasible Approach to Developing Fiber-Enriched Bread Using Pomegranate Peel Powder: Assessing Its Nutritional Composition and Glycemic Index. Foods 2023, 12, 2798.https://doi.org/10.3390/foods12142798

47. Muhammad A, Dayisoylu KS, Pei J, Khan MR, Salman M, Ahmad R, Ullah H and Noor GR (2023) Compositional analysis of natural pomegranate peel powder dried by different methods and nutritional and sensory evaluation of cookies fortified with pomegranate peel powder. Front. Nutr. 10:1118156.doi: 10.3389/fnut.2023.1118156

48. Hashem, N.M.; Hosny, N.S.; El-Desoky, N.; Soltan, Y.A.; Elolimy, A.A.; Sallam, S.M.A.; Abu-Tor, E.-S.M. Alginate Nanoencapsulated Synbiotic Composite of Pomegranate Peel Phytogenics and Multi-Probiotic Species as a Potential Feed Additive: Physicochemical, Antioxidant, and Antimicrobial Activities. Animals 2023, 13, 2432. https://doi.org/10.3390/ani13152432

49. Aguilar, C., Buenrostro, J., Wong Paz, J., Ascacio, J., Contreras, E. & Aguilar, P. “Proceso de purificación y recuperación en escala semipreparativa de elagitaninos y punicalagina”. MX/a/2016/008579. 28 de junio 2016. https://siga.impi.gob.mx/detalle/MTIwODY0Mjk%3D/idNumber/Mg%3D%3D

50. Huang, A. & Wu, G. “Método y material para el acomplejamiento activado en el sitio de moléculas biológicas”. MX 344857 B. 10 de enero 2017. https://siga.impi.gob.mx/detalle/Njc2OTI0NA%3D%3D/idNumber/MQ%3D%3D

51. Wei, L., Jian, C. & Wang, H. “Making method of pomegranate rind electuary”. CN106333973A. 18 de enero 2017. https://patents.google.com/patent/CN106333973A/en

52. Loreto-Guzman, C. “Composición, formulación y procedimiento de obtención de composiciones que contienen té verde, cafeína, extracto de granada, ácidos grasos de cadena media, l-tirosina, vitaminas, excipientes y aditivos nutraceútica y farmacéuticamente aceptados, y su uso como quemador de grasa en personas con actividades físicas deportivas”. CL2018000265A1. 13 abril 2018. https://patents.google.com/patent/CL2018000265A1/es

53. Huang, S., Lin, G. & Haizhong, X. “A kind of granatum antioxidant and preparation method thereof”. CN108142775A. 12 de junio 2018. https://patents.google.com/patent/CN108142775A/en

54. Xianfeng, X. “A kind of environmental protection fruit and vegetable fresh-keeping agent and preparation method thereof”. CN107047749A. 18 de agosto 2018. https://patents.google.com/patent/CN107047749A/en

55. Monginoux, P., Hugues, G., Karst, C. & Rudolf, W. “Products for oral administration comprising extracts of pomegranate *Punica granatum*, designed for a pet, and applications thereof”. ES2716278. 11 de junio 2019. https://patents.google.com/patent/ES2716278/en

56. Fang, Y. “Natural fresh-keeping preservative for sauced marinated meat products”. CN111838296A. 30 de octubre 2020. https://patents.google.com/patent/CN111838296A/en

57. Huo, J. & Zheng, X. “A kind of super-pressure is coupled with epsilon-polylysine using the method for being used to preserve the stripped tuna flesh of fish”. CN108013118A. 5 de enero 2021. https://patents.google.com/patent/CN108013118A/en

58. Alay, S., Fuster, A., Figueroa, M., Merma, P., Cormilluni, L., Papuico, H. & Rossi, E. “Proceso de extracción de biocompuestos a partir del residuo agroindustrial fraccionado de granada (*Punica granatum*)”. PE20210385A1. 2 de marzo 2021. https://patents.google.com/patent/PE20210385A1/es

59. Gonçalves, M. & De Sousa, S. “Composition based on pomegranate (*Punica granatum* L.) and its use as a pesticide against bacterial phytopathogens”. BR102021013032A2. 10 enero 2023. https://patents.google.com/patent/BR102021013032A2/en

60. Ragot, P., Barat, L., Rousseau, C.& Pons, E. “Reconstituted plant material and its use for packaging, wrapping and for food applications”. ES2910129 T3. 11 de mayo 2022. https://patents.google.com/patent/ES2910129T3/en