

MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE NANOPARTICULAS

MEMORIA DESCRIPTIVA

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un dispositivo y método de extracción de sustancias activas a partir de materiales vegetales y especias que comprende contactar los materiales vegetales y/o especias con nanopartículas hidrosolubles en donde las propiedades de las nanopartículas en combinación con el dispositivo y método propuestos llevan a una tecnología relativamente sencilla y económica.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Es conocido en el campo de la técnica que existe una gran multitud de constituyentes químicos con un amplio rango de estructuras y propiedades biológicas y fisicoquímicas en donde las especias y vegetales son una gran fuente de estos químicos tales como nutriente y productos naturales biológicamente activos. Muchos de los beneficios derivados de plantas y especias son conocidos, siendo utilizados desde la antigüedad como antimicrobianos, insecticidas, antiinflamatorios, antioxidantes, etc. Estos beneficios y/o efectos son debidos a compuestos químicos sintetizados por las células de las plantas que no son estrictamente necesarios para el crecimiento o reproducción, pero cuya presencia ha sido demostrada genética, fisiológica o bioquímicamente. Estos compuestos químicos se denominan metabolitos secundarios. Las técnicas de extracción permiten obtener y concentrar de dichos compuestos químicos para su uso en diferentes aplicaciones industriales, farmacéuticas, cosméticas, en agroindustria y muchas más.

El estado de la técnica, existen varios métodos y procedimientos, equipos y tecnologías para realizar la extracción de estos compuestos entre dichos métodos y procedimientos se pueden encontrar en otros:

- Compresión en frío Destilación: - directa - inyección de vapor - arrastre de vapor
- Clevenger Disolventes: - percolación - maceración - infusión en agua caliente - enfleurage con grasas en frío o caliente.
- Nuevas tecnologías de extracción: - Fluidos Supercríticos - Membranas - Pulsos eléctricos – Ultrasonidos.

A modo de referencia se puede observar que, en el estado de la técnica relacionado con métodos de extracción, la utilización fluidos supercríticos con CO₂ como, por ejemplo, en la extracción de cannabis. Se trata de una técnica limpia de separación de sustancias de carácter liposoluble con una gran modificación del poder disolvente de los fluidos en estado supercrítico. Esta técnica presenta una alta selectividad en función de las condiciones de presión y temperatura, utiliza cosolventes para mejorar el poder de extracción, y es una excelente alternativa para la extracción y fraccionamiento de aceites vegetales ya que no usa disolventes y que principalmente, no deja impurezas en los extractos.

Se sabe que la calidad de aceites obtenidos a partir materiales vegetales es mejor que la obtenida mediante otros procesos como la extracción con disolventes orgánicos (Djarmati, 1991). Existen referencias que demuestran que el uso del CO₂ supercrítico conlleva a una disminución del consumo de energía con respecto a otros procesos convencionales como la destilación o la lixiviación.

Por ejemplo, en la patente europea ES2392510T3 que se refiere a la extracción de cannabinoides farmacéuticamente activos de materiales vegetales, que a su vez hace referencia a la patente WO02/064109, describe un procedimiento de extracción de obtención de cannabinoides obtenidos por extracción de marihuana. En este documento se evidencia que la extracción con fluidos supercríticos (SFE) se conoce desde el trabajo del Barón Cagniard de la Tour en 1822, cuando se advirtió que la frontera gas-líquido desaparecía cuando se aumentaba la temperatura de ciertos materiales calentándolos en un recipiente de vidrio cerrado. La técnica se usa ampliamente en el negocio del

procesado del fuel-oil y se ha aplicado en, por ejemplo, purificación y separación de aceites vegetales y de pescado.

Existen otras formas de realizar un método de extracción tal como se divulga en el documento WO22050831 A1 que hace referencia a un método que permite extraer compuestos bioactivos de material biológico con rendimientos o concentraciones de 1 a 3 veces mayores en comparación con los métodos convencionales, reduciendo el tiempo que las moléculas están expuestas a altas temperaturas y la cantidad de solventes utilizados para extraer moléculas con actividad biológica de interés. Mediante el método divulgado en este documento, se obtienen moléculas bioactivas a partir de materia orgánica de origen vegetal tal como plantas y/o frutos y/o brotes y/o raíces y/o tubérculos, que contienen compuestos bioactivos de interés terapéutico que pueden extraerse para ser concentrados y procesados para su administración y, para obtener efectos terapéuticos. El método divulgado comprende utilizar una emisión de microondas para iniciar el cambio físico en el material biológico, es decir, la contracción y expansión de las células del material orgánico de manera precisa permitiendo la ruptura exacta de las células con la humedad interna del material y así logrando la liberación de agentes bioactivos en altas concentraciones, manteniendo sus propiedades bioactivas. Estos agentes bioactivos no serían afectados por el exceso de temperatura debido a la emisión y absorción de microondas durante el tiempo de extracción. Es te documento también divulga que en la cámara de extracción se puede inyectar aire o nanopartículas.

En cambio, la presente solicitud proporciona un dispositivo y un método de extracción de sustancias activas desde materiales vegetales y especias utilizando nanopartículas hidrosolubles. Al igual que los métodos descritos anteriormente, la tecnología propuesta en la presente solicitud principalmente no deja impurezas en los extractos, utiliza una cantidad de energía mínima comparada con cualquiera de las tecnologías y métodos conocidos hasta ahora, logrando unas extracciones no antes observadas en las técnicas existentes en el estado del arte. Por ejemplo, se han realizado una multiplicidad de extractos a partir de especias y vegetales y, se ha preparado una combinación de cúrcuma con jengibre, que puede ser utilizado para el tratamiento de osteoartritis

degenerativa con dieta diaria de comprimidos químicos de 14 unidades que mejora la tanto una calidad mínima de vida y, que principalmente controlar el dolor. Estos extractos permitan mejorar la movilidad, duerme toda la noche y prácticamente desaparecieron los dolores intensos.

Por tratarse de una extracción obtenida a partir de elementos a nivel nanométricos donde es conocido y documentado que las nanopartículas se constituyen en un puente entre los materiales a granel, las moléculas y átomos, se logran ventajas que hasta ahora no se habían observado en el campo de la técnica. Los elementos en tamaño nanométrico se comportan y tienen unas propiedades completamente diferentes a sus equivalentes a granel (gran tamaño) y, sus propiedades físicas, químicas, eléctricas, magnéticas, paramagnéticas también cambian. Las nanopartículas vibran y se pueden excitar fácilmente, su comportamiento en relación con la temperatura es diferente y son extraordinariamente activas, eso hace una gran diferencia con lo ya divulgado en el estado del arte.

De acuerdo con lo anterior, el problema técnico a resolver por la presente solicitud es satisfacer la necesidad de disponer una extracción de nutrientes y productos biológicamente activos a partir de materiales vegetales y/o especias de una forma orgánica, más limpia y económica.

SOLUCIÓN AL PROBLEMA TÉCNICO

Por lo tanto, el problema a ser resuelto por la presente solicitud se soluciona proporcionando un dispositivo y método que permitan realizar la extracción de nutrientes y productos biológicamente activos a partir de materiales vegetales y/o especias de una forma orgánica, limpia y económica usando nanotecnología como principio de funcionamiento.

DESCRIPCION RESUMIDA DE LA INVENCION

La presente invención corresponde a un dispositivo y método de extracción de sustancias activas tal como nutrientes y productos biológicamente activos a partir de materiales vegetales y especias mediante la combinación de un dispositivo y método son relativamente sencillos y económicos. La extracción realizada por este medio se puede considerar como una destilación molecular directa y que, a su vez, es excitada por vibración y/o pulsos eléctricos con una frecuencia controlada, en combinación o no, lo cual dependerá del material vegetal al cual se realizará el procedimiento de extracción.

Para llevar a cabo el procedimiento de extracción se puede tomar la cáscara o corteza de un cítrico como la naranja o mandarina, picarla en pequeñas partes e introducirla en un recipiente con nanoagua (NNW) en un refrigerador casero. Como resultado NNW extrae, incluso los componentes amargos de las cortezas que contienen una gran cantidad de antioxidantes.

Esta parte de la fruta se destaca por su gran contenido en antioxidantes. Los principales compuestos conocidos por sus beneficios para la salud son los fitoquímicos, especialmente los fenólicos en frutas y verduras. Estos compuestos también se encuentran con múltiples efectos biológicos en partes no comestibles de las plantas.

Según algunos estudios, el principal efecto antioxidante de los fenólicos incluye la eliminación de radicales libres. Los radicales libres son sustancias muy inestables químicamente que reaccionan con facilidad para encontrar su estabilidad.

Normalmente, el cuerpo maneja los radicales libres que se producen de forma natural. Pero si la producción de los mismos es excesiva, se producen daños en el cuerpo como:

- Enfermedades cardiovasculares.
- Están involucrados en el Parkinson, Alzheimer, arterioesclerosis y la diabetes.
- Aceleran el envejecimiento.

Se cree que los fitofenoles proporcionan medios para prevenir enfermedades mediadas por radicales libres como la diabetes, las enfermedades neurodegenerativas, el proceso de envejecimiento y las disfunciones cardiovasculares debidas a la depuración de los radicales libres.

La tecnología aquí propuesta presenta una serie de ventajas entre la cuales se pueden destacar las siguientes:

- Es económica en relación con cualquier otro sistema de extracción.
- No deja residuos contaminantes.
- Se aplica casi a cualquier material vegetal.
- Usa un consumo de energía mínimo para realizar la extracción.
- Es fácilmente escalable.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

La **Figura 1** muestra las partes del dispositivo de extracción utilizado en el método de extracción de la presente solicitud.

La **Figura 2** muestra los electrodos de inmersión de frecuencia controlada (3) instalados convenientemente y acorde en cantidad al tamaño del dispositivo

La **Figura 3** muestra las bases de montaje (14) del dispositivo (11) y bomba (2) que cumple la función de anclar y aislar que es parte de la placa, sistema de soporte superior e inferior del dispositivo

La **Figura 4** muestra La vista superior (circular) enseña una disposición de electrodos vista desde arriba, el dispositivo vibrador y el montaje de la bomba. La vista lateral, enseña el plato de montaje (soportes) y los mismos elementos vistos de lado.

La **Figura 5** muestra el sistema de refrigerado.

La **Figura 6** muestra refrigerador de laboratorio típico conocido en el estado del arte

La **Figura 7** muestra un extracto de cúrcuma.

La **Figura 8** muestra el extracto-polvo en el fondo de la botella.

La **Figura 9** muestra un frasco extractor en refrigerador.

La **Figura 10** muestra el contenido de aceite en la parte superior de la botella.

La **Figura 11** muestra un histograma de distribución de tamaño de las nanopartículas hidrosolubles.

La **Figura 12** muestra un análisis termogravimétrico de las nanopartículas hidrosolubles.

La **Figura 13** muestra un espectro EDS de la muestra utilizada.

La **Figura 14** muestra los GRUPOS FUNCIONALES OH en el extracto.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

El sabor extraído de una materia prima suele denominarse extracto que puede comprender de nutrientes y productos biológicamente activos. La presente solicitud propone técnicas de extracción se basan en la adsorción de los distintos componentes de material a extraer en el campo de la nanotecnología.

Las técnicas propuestas tienen la ventaja de ofrecer una baja alteración de la materia prima y la extracción de aromas y sabores a partir de diferentes materiales vegetales y/o especias.

El objetivo de la invención de la presente solicitud es llegar a los mercados como proveedor de materia prima para creación de productos que requieran extractos de una forma natural y segura para los humanos, animales y plantas.

Es así como la presente invención se refiere a un dispositivo y método de extracción de sustancias activas a partir de materiales vegetales y especias mediante la combinación con un dispositivo y un método relativamente sencillos y económicos que permiten extraer dichas sustancias activas, útiles y de interés de una forma orgánica, limpia y económica.

El dispositivo de extracción (1) utilizado en el método de extracción de la presente solicitud comprende las siguientes partes las que se pueden observar en la Figura 1:

- a) Una bomba de recirculación (2) que corresponde a una bomba de inmersión instalada dentro del estanque (5) en donde se lleva a cabo el método de extracción.
- b) Electrodo de inmersión de frecuencia controlada (3) instalados convenientemente y acorde en cantidad al tamaño del dispositivo.
- c) Líneas de recirculación del producto (4) desde la bomba (2) hasta la línea de flujo de retorno y dispersión.
- d) Un tanque de proceso (5) con tapa de sellado de acuerdo con el tamaño del proceso.
- e) Un depósito de material vegetal y materia prima (6) ubicado dentro del tanque, lugar en donde se deposita el material vegetal y la materia prima.
- f) Una salida de producto hidrosoluble accionada por una válvula (7) por el cual salen las separaciones de aceite.
- g) Un decantador de aceites obtenidos (8) en donde los aceites obtenidos son adicionalmente refinados.
- h) Un depósito de material particulado (9) en donde las partículas finas son decantadas.
- i) Una salida de extractos particulados (10) a través de la cual se obtiene el material refinado particulado.

- j) Un dispositivo generador de impulsos vibratorios (11) encargado de generar impulsos vibratorios y limpiar el tamiz.
- k) Soportes de montaje (12) del dispositivo de extracción que cumple la función de soporte y anclaje del dispositivo.
- l) Un soporte – aislamiento (13) de compartimientos, bases del montaje y filtros (tamizado) que corresponde a un soporte interno que sirve de aislamiento de compartimientos y base de montajes.
- m) Bases de montaje (14) del dispositivo (11) y bomba (2) que cumple la función de anclar y aislar que es parte de la placa, sistema de soporte superior e inferior del dispositivo.
- n) Un tamiz fino (15) de partículas extraídas que comprende una malla fina con un tamaño de poro inferior a 30 micrones (0.3 mm), preferiblemente entre 100 micrones y 250 micrones.
- o) Límites sistema refrigerado (16) que corresponden a un compartimento refrigerado cuya función es bajar la temperatura durante la extracción.
- p) Una unidad de refrigeración (17) cuyas proporciones están de acuerdo con el dispositivo.
- q) Un sistema de control integrado (18) encargado de la funcionalidad del dispositivo, control del método y automatismo.

El método de extracción de sustancias activas de materiales vegetales y/o especias comprende las siguientes etapas:

Depositar las materias primas en el reservorio del tanque que hace parte del dispositivo. El material vegetal como fuente vegetal de nutrientes y productos biológicamente activos (FVN) y el nanoagua (NNW) corresponden a las materias primas y solvente, respectivamente, requeridos para elaborar el extracto.

Empujar el nanoagua (NNW) y circular por las líneas de flujo y dispersión (4) mediante una bomba de inmersión (2), y logrando que NNW caiga dispersada sobre FVN en donde esto se lleva a cabo mediante un ciclo controlado por el sistema de control (18).

FVN es colocado en una malla de grano fino dentro del depósito (6) del dispositivo de extracción (1) y sobre el soporte y accesorios de los componentes (13)-(14)-(15). Lo anterior con el fin de facilitar la instalación y remoción del material (FVN), antes y después de la extracción. NNW es depositada en dentro del depósito (6) del tanque en donde el sistema está comprendido entre límites de encerramiento o confinamiento limitados por el sistema refrigerado y controlado a baja temperatura (16).

El material vegetal como fuente vegetal que comprende nutrientes y productos biológicamente activos (FVN) se debe trocear en pequeñas partes (1-3 mm) y colocar dentro de un filtro de malla fina con una medida inferior a 300 micrones, preferiblemente entre 100 micrones y 250 micrones, fabricado especialmente para ubicarse dentro del compartimiento (6) dentro del tanque parte de (1).

El FVN puede ser licuado mecánicamente en proporción de 125 gr por cada 1.000mL de NNP-WO, el producto obtenido es llevado a un refrigerador y recirculado en un recipiente mediante el accionamiento de una bomba de inmersión con el fin de homogenizar la mezcla, pasado el tiempo de extracción natural el producto es filtrado y llevado al mecanismo de refinado, donde se obtienen los diferentes grados de pureza del extracto obtenido.

Poner en funcionamiento la bomba (2) secuencialmente, es decir, no es necesario que funcione continuamente sino por ciclos, dependiendo el proceso y el volumen y, por periodos de tiempo regulados y controlados por el sistema de control (18). Las etapas del método de extracción están o se realizan dentro de los límites de un sistema refrigerado (16) con el objetivo de bajar la temperatura. Dependiendo del comportamiento y requerimientos de FVN, las etapas del método de extracción son determinadas y reguladas ya que no todos los nutrientes y productos biológicamente activos obtenidos a partir de materiales vegetales tienen el mismo comportamiento frente a las condiciones de una extracción. Se tener presente que es diferente realizar la extracción de una

especie como la cúrcuma, por ejemplo, para la salud humana que utilizar una FVN para producir bioinsumos de una planta invasora tal como el retamo espinoso.

De igual manera, los electrodos de inmersión de frecuencia controlada operan de acuerdo con lo configurado y caracterizado para cada proceso en particular según la FVN que se va a procesar. Las extracciones se realizarán en función del tiempo y de la caracterización de un modelo para cada proceso en particular. Una vez que se completa la extracción, se procede con el drenado de los productos obtenidos según su propia naturaleza física. En primer lugar, se ubican los hidrosolubles, que por su naturaleza física y densidad subirán y se ubicarán en la parte superior del recipiente, mientras que los más pesados se precipitan, por ejemplo, la curcumina, el polvo de cannabis. Luego el aceite obtenido es drenado mediante el accionamiento de una válvula (7) a la salida de producto liposoluble. Los aceites así obtenidos son pasados a un decantador (8) donde los aceites aún son refinados, posteriormente se envasarán y se dispondrán para los procesos para su especial aplicación. El siguiente paso es drenar el material particulado y sedimentado en (9) donde las partículas finas se han decantado allí, este producto es envasado y se pasarán a un siguiente proceso de refinamiento acorde con las necesidades y aplicaciones de los componentes extraídos. Posteriormente se drena el material hidrosoluble, transformado a partir de la NNW, este líquido es envasado y dispuesto para nuevos procesos o comercializado según lo que se determine su destino final. Por último, el material vegetal sobrante de FVN, puede ser usado como fertilizante para la agricultura orgánica o agroindustrial o según se haya caracterizado, se utilizará en lo que resulte su mejor aplicación o valoración económica del producto final obtenido.

El método de extracción de la presente solicitud se fundamenta en las propiedades fisicoquímicas, eléctricas y magnéticas de las nanopartículas (NNP). Esto es porque las propiedades de los elementos a escala nanométrica cambian completamente y se observan resultados que no se logran en estos mismos elementos a gran escala, por lo que, NNP constituyen un puente entre las moléculas, átomos y materiales a granel, lo que permite lograr resultados no observados antes en el estado del arte. Como la mayoría de los procesos de extracción o de cocción, en la invención de la presente

solicitud se utiliza temperatura para extraer los nutrientes y productos biológicamente activos de los materiales vegetales y especias. Sin embargo, la temperatura es utilizada a la inversa, es decir, no se incrementa la temperatura sino por el contrario, se disminuye para lograr el objetivo propuesto en donde la temperatura puede variar entre 2°C y 4°C . Además, se utiliza vibración y/ los pulsos de frecuencia controlada para excitar el campo y lograr una mayor actividad de las nanopartículas en la extracción de los nutrientes y productos biológicamente activos a nivel molecular desde FVN. El dispositivo generador de impulsos vibratorios se activará de acuerdo con los requerimientos y la caracterización del proceso realizado por el operador del equipo. El objetivo de incorporar vibración al método de extracción es agitar la placa de montaje y lograr que el polvo obtenido se precipite.

El solvente de extracción corresponde a un nanoagua (NNW) que comprende agua y nanopartículas hidrosolubles de varios elementos metálicos y no metálicos seleccionados del grupo que consiste en: Titanio (Ti) (22), Cromo (Cr) (24), hierro (Fe) (26), Níquel (Ni) (28), Cobre (Cu) (29), Zinc (Zn) (30), y no metálicos, Oxígeno (O) (8), Silicio (Si) (14), Cloro (Cl) (17 (nombre (símbolo) (número atómico))). El tamaño de las nanopartículas incorporadas en el método de extracción varía entre 77 ± 22 nm en donde el tamaño mínimo es de 32 nm y tamaño máximo es de 144 nm. Las medidas indicadas son las que se obtienen de las mediciones realizadas por el ITM, estas pueden cambiar de acuerdo con la conveniencia en el proceso de producción de nanopartículas.

En una modalidad preferente de la invención, el nanoagua que es el solvente y extractor comprende nanopartículas de titanio.

En una modalidad preferida, el nanoagua (NNW) utilizada como solvente comprende agua, nanopartículas y nanoburbujas de oxígeno. Esta combinación es un disolvente y extractor universal; que puede ser usado como solvente para una extracción más efectiva proporcionando soluciones técnicas universales para una química sustentable o química verde. Las nanoburbujas de oxígeno resultan del proceso natural de producción de la NNW, cuando se divide la molécula de agua en sus elementos fundamentales, hidrógeno

y oxígeno, el H₂ es usado para generar la reacción y el oxígeno que es más pesado queda atrapado en el proceso energético de ablación física de nanopartículas en forma de nano burbujas contribuyendo al proceso de extracción.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

EJEMPLOS DE LAS RELIZACIONES PREFERIDAS

A continuación, se expondrán ejemplos de aplicación de la invención de la presente solicitud. Dichos ejemplos se proporcionan solo a modo ilustrativo para proporcionar un mejor entendimiento de la invención, pero en ningún caso debe considerarse que limiten el alcance de la protección solicitada. Adicionalmente, especificaciones de características técnicas diferentes descritas en los ejemplos pueden combinarse entre sí, o con otras características técnicas previamente descritas sin que esto limite el alcance de la protección solicitada.

Ejemplo 1

Preparación de nanoagua (NNW) utilizada como solvente para realizar la extracción

El solvente de extracción que comprende nanoagua (NNW) se prepara mezclando agua y nanopartículas hidrosolubles de Titanio (Ti) (22), nanopartículas que se pueden obtener mediante cualquier técnica ya conocida en el estado del arte. El tamaño de las nanopartículas obtenidas varía entre 77 ± 22 nm. Las medidas indicadas son las que se obtienen de las mediciones realizadas por el ITM, estas pueden cambiar de acuerdo con la conveniencia en el proceso de producción de nanopartículas (Figura 11).

En una modalidad preferida, el nanoagua (NNW) comprende agua, nanopartículas de hidrosolubles de Titanio y nanoburbujas de oxígeno. Esta combinación es un disolvente y extractor universal; que puede ser usado como solvente para una extracción más efectiva proporcionando soluciones técnicas universales para una química sustentable o química verde. Las nanoburbujas de oxígeno resultan del proceso natural de producción

de la NNW, cuando se divide la molécula de agua en sus elementos fundamentales, hidrógeno y oxígeno, el H₂ es usado para generar la reacción y el oxígeno que es más pesado queda atrapado en el proceso energético de ablación física de nanopartículas en forma de nano burbujas contribuyendo al proceso de extracción.

Caracterización de nanoagua (NNW)

Mediante un software Image J, se realizó un conteo de aproximadamente 180 partículas, usando para esto al menos 15 micrografías de una muestra de las nanopartículas hidrosolubles (TiON) y los resultados se muestran en un histograma, se puede observar que el tamaño de las partículas de la muestra es amplio, siendo su tamaño medio de 77 ± 22 nm. Los tamaños mínimo y máximo encontrados fueron de 32 nm y 144 nm, respectivamente (Figura 11).

En la Figura 12, se presenta el análisis termogravimétrico de las muestras suministradas. El análisis se llevó a cabo empleando un equipo de análisis termogravimétrico Discovery 550 (TA instrument). El agua base o agua maestra y nanoagua evidenciaron pérdidas de peso de 99,93 % y 99,84 %, respectivamente. Lo anterior indica que entre las muestras hay una diferencia en el porcentaje de residuos de 0,09 %. Ambas muestras evidencian una pérdida de peso a temperaturas inferiores a 100 °C, la cual está relacionada con la pérdida de agua (Lavin-Lopez et al., 2017).

La espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDS, también abreviada EDX o XEDS) es una técnica analítica que permite la caracterización química/análisis elemental de materiales.

La Figura 13 muestra el espectro EDS de la muestra utilizada en donde la espectroscopia de rayos X de energía dispersiva (EDS, también abreviada EDX o XEDS) es una técnica analítica que permite la caracterización química/análisis elemental de materiales.

En la Tabla 1 se relacionan los valores correspondientes con el espectro de la Figura 13 la cual muestra la presencia de hierro (Fe), Cromo (Cr), Silicio (Si), Cloro (Cl), Titanio (Ti), Níquel (Ni), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) en los residuos sólidos de la muestra.

Tabla 1. Elementos en el residuo sólido

Elemento	Peso %
Si	2,24
Cl	0,88
Ca	1,02
Ti	1,69
Cr	9,53
Fe	77,05
Ni	2,89
Cu	2,61
Zn	2,10

Con el fin de identificar los grupos funcionales presentes en la muestra se realizó un análisis por medio de FTIR. En la Figura 14 muestra el espectro correspondiente a la muestra de producto. La banda alrededor de 3450 cm⁻¹ está relacionada con grupos funcionales OH (Jiao et al., 2018), las bandas presentes a 2964 cm⁻¹ y 2939 cm⁻¹ corresponde a CH₃ (Ramezani et al., 2015). Las bandas a 2865 cm⁻¹ y 1375 cm⁻¹ están asociadas a las vibraciones del grupo CH₂ (Mihoubi et al., 2017). Las bandas entre 1100 cm⁻¹ y 1258 cm⁻¹ son producto de la vibración del grupo funcional C-O (Baldissarelli et al., 2015; Bambery et al., 2006; Shi et al., 2012). Las bandas a 2103 cm⁻¹, 1619 cm⁻¹, 891 cm⁻¹, 664 cm⁻¹ y 607 cm⁻¹ corresponden a C≡C, C=O, C-C, C-Cl y Si-O, respetivamente (Kumar & Prasad, 2011; Paquin et al., 2015; Qi et al., 2006; Vala et al., 2015; Zviagina et al., 2020). La presencia de grupos funcionales carbonosos en la muestra puede relacionarse con la presencia de residuos orgánicos en la muestra.

Método de extracción de sustancias activas a partir de materiales vegetales y especias

El método para extraer sustancias activas a partir de materiales vegetales y especias comprende las siguientes etapas:

- i) trocear el material vegetal en pequeñas partes con un tamaño que varía entre 1-3 mm con el objetivo de colocarla dentro de un filtro de malla fina con una medida entre 100 micrones y 250 micrones, fabricado especialmente para ubicarse dentro del compartimiento (6) dentro del tanque parte de (1).
- ii) depositar la materia prima el reservorio del tanque del dispositivo (1) junto con el nanoagua;
- iii) empujar el nanoagua (NNW), y hacer circular por las líneas de flujo y dispersión (4) mediante bomba de inmersión (2) en donde el NNW cae dispersada sobre la FVN, circulando en un ciclo controlado por el sistema de control (18);
- iv) bajar la temperatura a 2°C y 4°C en los límites refrigerados (16) mediante un sistema está comprendido entre los límites de encerramiento o confinamiento limitados por el sistema refrigerado y controlado; y
- v) aplicar vibración y/o pulsos de frecuencia controlada para excitar el campo y lograr mayor actividad de las nanopartículas;

en donde la FVN es colocada en una malla de grano fino dentro del depósito (6) del dispositivo de extracción (1) y sobre el soporte y accesorios de los componentes (13)-(14)-(15) con el fin de facilitar la instalación y remoción del material (FVN), antes y después de la extracción y en donde la NNW) es depositada en el (6) dentro del tanque.

El FVN puede ser licuado mecánicamente en proporción de 125 gr por cada 1.000mL de NNP-WO, el producto obtenido es llevado a un refrigerador

Conclusiones

La tecnología aquí propuesta:

- Es económica en relación con cualquier otro sistema de extracción.

- No deja residuos contaminantes.
- Se aplica casi a cualquier material vegetal.
- Usa un consumo de energía mínimo para realizar la extracción.
- Es fácilmente escalable.