



ESTADO DEL ARTE SOBRE PRODUCCIÓN DE TIERRAS DE BLANQUEO: INTELIGENCIA TECNOLÓGICA APLICADA.

STATE OF THE ART ON BLEACHING EARTH PRODUCTION: TECHNOLOGICAL INTELLIGENCE APPLIED

Trinidad Volcán de Bego

Coordinación de manufactura y valorización de la materia prima nacional. Gerencia de proyectos de investigación, desarrollo e Innovación. Centro Nacional de Tecnología Química (CNTQ). Venezuela. Email: tvolcan.cntq@gmail.com / publicacionesgpidi.cntq@gmail.com

Recibido: 17-11-2018

Aceptado: 20-12-2018

RESUMEN

En la producción industrial de aceite vegetal se utilizan las denominadas tierras de blanqueo para retirar impurezas del aceite crudo y hacerlo apto al consumo humano. Para dar soporte tecnológico a empresas locales de refinación de aceite vegetal, se desarrolló el estado del arte sobre producción de tierras de blanqueo basado en la búsqueda organizada, revisión y selección de información de patentes y artículos científicos en plataformas especializadas en Internet. El análisis de patentes determinó que la tendencia mundial es el blanqueamiento de aceites vegetales a partir de arcillas de origen natural del grupo de las palygorskitas y de las esmectitas con una alta superficie de contacto y determinado tamaño de poros, destacando las arcillas tipo bentonitas por su alta avidéz por el agua y las moléculas orgánicas. La investigación de publicaciones científicas reveló que universidades y centros de investigación de importantes países productores de aceite vegetal como Malasia, se concentran en la búsqueda de materiales alternativos a las bentonitas importadas bien sea por la evaluación de arcillas locales o por la transformación de desechos industriales como la cáscara de arroz y las cenizas del fruto de la palma. Para Venezuela, el estudio plantea el desarrollo de líneas de investigación a escuelas de geología, minas, química e ingeniería química de universidades nacionales con la finalidad de determinar la cantidad y calidad de arcillas locales que puedan ser utilizadas en la producción de tierras de blanqueo para refinación del aceite vegetal.

Palabras claves: Arcillas, Inteligencia Tecnológica, Líneas de Investigación, Tierras de Blanqueo.

ABSTRACT

The industrial production of vegetable oil use bleaching earths to remove impurities from the crude oil and make it suitable for human consumption. To provide technological support to local vegetable oil refining companies, the state of the art on bleaching earth production was developed based on the organized search, review and selection of patent information and scientific articles on specialized Internet platforms. The analysis of patents determined that world trend is bleaching vegetable oil from clays of natural origin that belong to palygorskites and smectites group with a high contact surface and a determined pore size, highlighting bentonites clays due to their high avidity for water and organic molecules. Research in scientific publications revealed that universities and research centers in major vegetable oil producing countries, such as Malaysia, focus on the search for alternative materials to bentonites, either by the evaluation of local clays or by the transformation of industrial waste such as rice husk and the ashes of the palm fruit.- For Venezuela, the study proposes to development of research lines to schools of geology, mining, chemistry and chemical engineering of national universities with the purpose of determining quantity and quality of clays from local deposits that can be used in the production of bleaching earth for vegetable oil refining.

Keywords: Bleaching Earths, Clays, Research Lines, Technological Intelligence.

Este artículo corresponde al extenso de la ponencia presentada en el VI Seminario de Gestión y Tecnología (ALTEC 2018), realizado los días 21, 22 y 23 de noviembre del 2018 en la Universidad Nacional Experimental Politécnica “Antonio José de Sucre”, Barquisimeto, Venezuela.

INTRODUCCION

La industria mundial de aceites y grasas comestibles utiliza tierras decolorantes para retirar impurezas del aceite, entre las etapas de desgomado, refinado y desparafinación. Cada una de estas etapas tiene una función específica en la refinación y depuración del aceite vegetal para hacerlo comestible y visualmente atractivo. La operación de blanqueo del aceite utilizando arcillas tratadas, elimina de manera efectiva los pigmentos coloreados de los aceites y grasas en bruto, reduce el contenido de clorofila, jabón residual, trazas de metales, productos de oxidación, e indirectamente impacta en color del aceite con lo cual se puede mejorar sustancialmente el sabor, el color y también la estabilidad de los aceites y grasas (Alimentación y Nutrición., 1997).

En la Figura 1, se muestran envases con aceite crudo de palma y de tierras de blanqueo antes y después del proceso de depuración del aceite. El aceite crudo tiene un color anaranjado fuerte y aspecto turbio debido al alto contenido de pigmentos e impurezas, que luego son removidas en las etapas de desgomado, refinación y blanqueo. Por su parte las tierras de blanqueo cuando adsorben las

impurezas remanentes del aceite adquieren un color marrón oscuro y se tornan altamente inflamables por el contenido graso que se incorpora en la superficie. Estos materiales retienen alrededor de un 30 % p/p de aceite y sus impurezas.



Figura 1: Muestras de aceite crudo de palma y arcillas de blanqueo antes y después del blanqueo de aceite.

El proceso de blanqueo se realiza en un reactor donde la tierra de blanqueo es añadida en una proporción del 1 al 5% p/p en peso del aceite vegetal y se mezcla con este para formar una especie de lodo entre los dos componentes. Las condiciones de reacción involucran temperatura de 130°C y presión inferior a la atmosférica por un periodo cercano a 90 minutos (Brooks, Hansen, & Shaked, 1999). El proceso de blanqueo parece ser una simple mezcla de adsorbente y aceite seguido de filtración, sin embargo, durante su desarrollo se llevan a cabo complejas reacciones físicas y químicas que dependen en gran

medida de las variables de proceso, del tipo de tierra de blanqueo utilizado, su cantidad y del tipo de equipo empleado.

Minerales de arcillas utilizados en el blanqueamiento del aceite vegetal.

Para la purificación de aceites vegetales se utilizan diferentes tipos de tierras decolorantes, que se componen generalmente de una o más de tres tipos de minerales de arcilla de origen natural, de la familia de las esmectitas (montmorillonita, nontronita, hectorita y saponita) y de las palygorskitas (atapulgita, y sepiolita). También se utilizan las tierras de diatomeas naturales activadas, sin embargo, han demostrado pobre capacidad de blanqueo del aceite vegetal (Brooks, Hansen, y Shaked 1999).

La capacidad de adsorción de estos minerales depende de su estructura y propiedades mineralógicas, como el área superficial, la distribución de tamaño de partícula, porosidad, acidez de la superficie, capacidad de hidratación e hinchamiento, de deshidratación y rehidratación y su gran área superficial químicamente activa. La estructura de las arcillas está basada en el tetraedro del

silicato. La unión de tetraedros genera hojas que dan origen a las estructuras laminares tipo T (Tetraédricas), O (octaédricas), y las láminas T-O-T, también denominada estructura de sándwich o láminas del tipo 2:1, conformadas por dos hojas tipo T y una hoja O.

Las *esmectitas* son todas aquellas arcillas que presentan una estructura de sándwich, es decir, que está constituida por dos hojas de tipo T y por otra intermedia de tipo O. Existen numerosas ramas en el árbol de las arcillas tipo esmectitas como se aprecia en la Figura 2, las cuales presentan la misma estructura de sándwich o tipo 2:1.

Entre todas las esmectitas, la rama de las arcillas di-octaédricas presenta propiedades muy interesantes, derivadas de su estructura laminar, de su espacio interlaminar y de la carga residual. De todas las esmectitas, las *montmorillonitas* son las mayormente utilizadas en la filtración del aceite vegetal por su alta avidéz por el agua y las moléculas orgánicas. (Domínguez & Shifter, 1992).

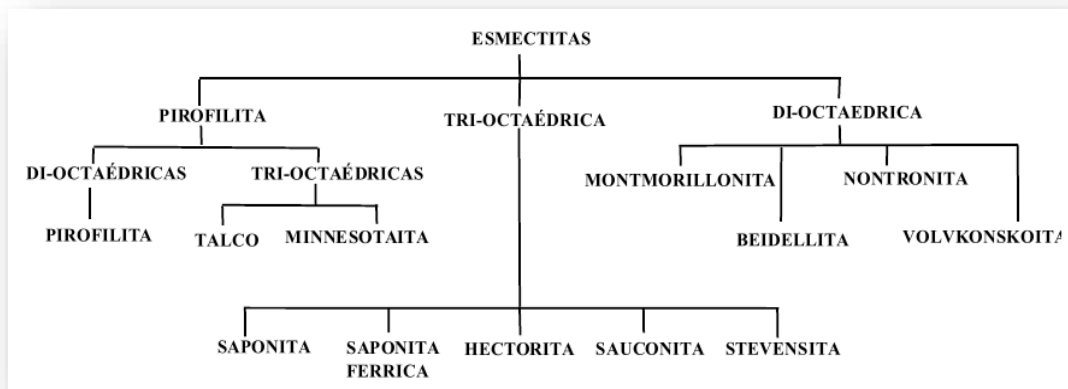


Figura 2 El árbol de las esmectitas.

Debido al gran desarrollo del vulcanismo en el mundo, sobre todo a partir del cretáceo existen yacimientos de bentonitas en todos los continentes a excepción de la Antártida, lo que garantiza su disponibilidad a nivel mundial (Rodas, 2018). En la Figura 3 se muestra la microscopía electrónica de barrido de una montmorillonita donde puede apreciarse la estructura laminar y su morfología de esponja que le otorga a esta arcilla su alta capacidad de adsorción.

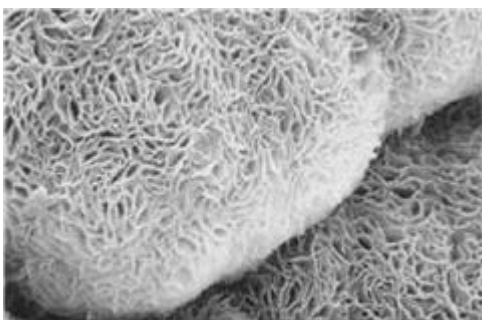


Figura 3 MEB de montmorillonita.

Para el filtrado de aceite vegetal también se usan las arcillas tipo paligorskitas conocidas como tierras de Fuller, pero la mayor cantidad de información en investigaciones y patentes está orientada a las tierras de blanqueo producidas a partir de bentonita o montmorillonita.

Las *diatomitas*, son otros minerales de arcillas constituido por rocas sedimentarias silíceas de grano fino, que tienen la particularidad de extraer sílice del medio acuoso donde viven para formar sus caparzones que luego precipitan en forma de ópalos o pequeñas esponjas cuando muere la célula. Están compuestas de sílice amorfa y se originan en ambientes sedimentarios extensos y poco profundos, de origen lacustre o marino donde existe una lenta deposición de sedimentos, en los que el

agua contiene abundantes nutrientes y sílice. Las diatomeas tienen alta área superficial y triplican su tamaño durante la adsorción de sustancias, sin embargo, a nivel mundial son utilizadas en menor grado que las arcillas esmectitas para la depuración del aceite vegetal.

La empresa Industrias Diana C.A. al igual que otras industrias nacionales de refinación de aceite vegetal utiliza diariamente en su proceso de depuración de aceite crudo vegetal, tierras de blanqueo que luego deben desechar. Como estos insumos son de procedencia importada, desde la coordinación de manufactura y valorización de la materia prima nacional del Centro Nacional de Tecnología Química, se planteó la necesidad de evaluar la posibilidad de producirlas localmente.

Se propuso realizar investigación basada en la recopilación y análisis de información obtenida a partir de patentes y publicaciones científicas en el tema para luego ser compartida con el personal de la gerencia de investigación y desarrollo de Industrias Diana C.A.

El informe resume la investigación realizada sobre las tendencias mundiales en tecnologías de producción de tierras de blanqueo y materias primas utilizadas, con la idea de tener un panorama completo de las tendencias tecnológicas

a nivel mundial en producción de tierras de blanqueo para fomentar el desarrollo tecnológico y evaluar la factibilidad de producirlas localmente, fortaleciendo la economía local y la sustitución de importaciones.

METODOLOGÍA

Investigación de patentes.

La investigación se basó en la búsqueda organizada, clasificación, revisión y análisis de patentes y publicaciones científicas relevantes en el tema. La recopilación, análisis y selección de información fue un proceso iterativo, desarrollado en un período de aprendizaje y dominio de las plataformas especializadas en Internet. Para las patentes los motores de búsqueda utilizados fueron *Patentinspiration*, *Googlepatent*, y *Patenscope*. La búsqueda se inició con la palabra “Diatomaceous” en *patentinspiration* y *patentscope* y finalizó con “diatomaceous bleaching vegetable oil”, que arrojó los resultados que se muestran en el Cuadro 1.

En virtud de la poca información encontrada sobre la aplicación de las diatomitas en el blanqueo de aceite vegetal, se reorientó la búsqueda utilizando los términos *bleaching clays*, *fuller earth*, *fuller clays* y *bleaching*

earth, por ser palabras asociadas a arcillas de blanqueo, y se optó por usar el término "bleaching earth" y sus combinaciones por ser el más utilizado

en las publicaciones. Los resultados de las ecuaciones de búsqueda se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 1: Primera búsqueda de patentes en producción de tierras de blanqueo.

| Plataforma | Ecuación de búsqueda | Resultados | Seleccionados |
|--------------------|-------------------------------|------------|---------------|
| | <u>Diatomaceous bleaching</u> | 52 | |
| <u>Patentscope</u> | <u>Diatomaceous bleaching</u> | | 2 |
| | <u>vegetable oil</u> | 2 | |

Cuadro 2: Búsqueda de patentes en producción de tierras de blanqueo.

| Plataforma | Ecuación de búsqueda | Resultados | Seleccionados |
|--------------------------|--------------------------------------|------------|---------------|
| <u>Patentinspiration</u> | <u>Bleaching earth vegetable oil</u> | 44 | |
| | | | 6 |
| <u>Patentscope</u> | <u>Production bleaching earth</u> | 6 | |
| | <u>vegetable oil</u> | | |

En línea con el propósito de la investigación se revisaron y seleccionaron solo aquellas patentes con relevancia en el tema de producción de tierras de blanqueo de aceite vegetal resultando en 6 patentes que se listan en el Cuadro 3. De la revisión destaca la empresa alemana Sud Chemie, que emite patentes relativas a metodologías de producción de tierras de blanqueo de aceite vegetal, hasta el año 2011 cuando fue adquirida por la empresa Clariant que continua con las investigaciones y

patentes en esta área. El mercado mundial de tierras de blanqueo de aceite vegetal es dominado actualmente por esta última a través de su marca registrada Tonsil.

Publicaciones científicas

La investigación se basó en la búsqueda, clasificación y análisis de artículos científicos relevantes en el tema, utilizando las plataformas *Thomson Reuters e Intelligo*. Utilizando la ecuación de búsqueda "((bleaching and ((soybean oil) or (palm oil) or (corn

oil))” para el periodo 1980-2016 con Thomson Reuters se encontraron un total de 75 artículos, que luego de revisar el abstract de cada uno de ellos, llevó a la selección final de 18 artículos que estuvieran orientados a la síntesis y manufactura de tierras de blanqueo.

De la misma manera, utilizando la ecuación de búsqueda “acid-activated clay” en Thomson Reuters, se

preseleccionó un documento que representa un review de las tendencias en el uso de arcillas de blanqueo activadas con ácido, y con Intelligo se logró seleccionar un artículo de investigación en tierras de blanqueo de aceite vegetal, procedente de Brasil. Los resultados de la metodología de búsqueda de artículos relevantes se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 3: Selección de patentes en blanqueo de aceite vegetal.

| Patente/Número | Descripción de la patente | Empresa aplicante | Año |
|-----------------------|---|--|------------|
| US 5908500 | Activated clay composition and method | <i>Oil Dri Corporation of America.</i> | 1999 |
| US6489260 B2 | Processes for producing a bleaching clay product and bleaching clay products produced by those processes | <i>Sud Chemie Inc.</i> | 2002 |
| US6762144 B1 | Processes for producing a blended bleaching clay product and blended bleaching clay products produced by those processes. | <i>Sud Chemie Inc.</i> | 2004. |
| US20080223756 | Production of bleaching earth by activation of surface-rich clays, | <i>Sud Chemie Inc. .</i> | 2008 |
| US20100094035 A1, | Amorphous adsorbent, method of obtaining the same and its use in the bleaching of fats and/or oils. | <i>Sud Chemie AG.</i> | 2009 |
| WO2015128273 A1. | Dry-modified acid-activated bleaching earth, process for production thereof and use thereof | <i>Clariant Int. ltd.</i> | 2015 |

Cuadro 4: Metodología de búsqueda de publicaciones científicas

| Plataforma de Búsqueda | Ecuación de búsqueda | Periodo de tiempo | Resultados obtenidos | Documentos seleccionados |
|------------------------|--|-------------------|----------------------|--------------------------|
| Thomson Reuters | ((bleaching and ((soybean oil) or (palm oil) or (corn oil))) | 1980-2016 | 75 | 16 |
| | acid-activated clay | 1990-2016 | 69 | 1 |
| Intelligo | Esmectitic clay | 2000-2016 | 5 | 1 |

De los 75 artículos encontrados se revisaron y seleccionaron 18 relativos exclusivamente al tema de producción de tierras de blanqueo de aceite vegetal, de los cuales 16 corresponden a la ecuación de búsqueda “((bleaching and ((soybean oil) or (palm oil) or (corn oil)))”. Los temas de investigación estuvieron relacionados con materiales alternativos a las bentonitas para el blanqueo de aceite vegetal; evaluación de arcillas nacionales y optimización de parámetros de blanqueo.

EXPOSICIÓN TEMÁTICA

Revisión de patentes.

Del estudio y análisis de las patentes seleccionadas en el tema de producción de tierras de blanqueo de aceite vegetal se derivó la siguiente información: como materias primas para el blanqueo de aceite vegetal, las más utilizadas son las bentonitas, o montmorillonita y en

menor grado la atapulgita o sepiolita, que también se clasifican como arcillas de palygorskitas. Se recomiendan arcillas con una composición de óxido de silicio SiO_2 entre 65 y 75 % p/p de óxido de aluminio Al_2O_3 , entre 2 y 3 % p/p de óxido de calcio CaO , óxido de magnesio MgO preferiblemente menor al 3% p/p y óxido de hierro Fe_2O_3 menor al 3% p/p.

Se ha comprobado que, al seleccionar cuidadosamente el material de partida, se puede producir una tierra decolorante con alta actividad decolorante, alta eficacia de filtración y de retención del aceite y por tanto alta eficacia total. Se recomienda la selección de arcillas con una superficie específica de 190 a 230 m^2/g ; un volumen de poro total del 0,5 a 0,7 mL/g en el que al menos el 60 % del volumen de poro total está proporcionado por poros que tienen un

diámetro de al menos 140 Å y menos del 20 % del volumen de poro total está formado por poros que tienen un diámetro mayor de 800 Å. De esta manera se puede utilizar la tierra decolorante en bajas cantidades para conseguir la purificación deseada de un aceite en bruto en un corto período de tiempo y bajas pérdidas (Ortiz Niembro, Germán, Thomassiny Villaurrutia, & Friedrich, 2008).

El proceso de activación de la arcilla se lleva a cabo mediante la adición de ácidos inorgánicos como ácido sulfúrico H_2SO_4 y ácido fosfórico H_3PO_4 y ácidos orgánicos como el cítrico $C_6H_8O_7$, málico y tartárico. Actualmente, se busca la disminución de la cantidad de ácido requerido para la activación de la arcilla, para minimizar costos de preparación y disminuir impacto ambiental de aguas contaminadas con ácidos.

Esto se logra mediante nuevo método que disminuye el contenido de agua inicial de la arcilla mediante proceso de secado al sol por un periodo de tiempo determinado previo a la adición del ácido de activación, mejorando además la remoción final de la tierra de blanqueo en el proceso de depuración del aceite vegetal (Geissler, Friedrich, CEBI, & Besting, 2015).

Revisión de artículos científicos.

La revisión de los 18 artículos indicó que los países con publicaciones relevantes para la investigación son aquellos grandes productores de aceite vegetal como Brasil, China, Malasia e Indonesia quienes investigan en el aprovechamiento de sus arcillas locales y el uso de materiales alternativos a las tierras de blanqueo importadas.

Cuatro de los 18 artículos seleccionados estuvieron relacionados con *materiales alternativos a las bentonitas* para el blanqueo de aceites. Destaca Malasia con la evaluación de cenizas de palma obtenidas de la calcinación del fruto de la palma que muestran buen potencial en el blanqueo del aceite de palma, medido en términos del índice de color final del aceite y China con una publicación sobre el uso de mezclas de carbón y atapultita para la depuración de aceite vegetal en sustitución de las tierras de blanqueo. (Acquah, Yon, Tuah, Ngee, & Danquah, 2016); (Gunawan, y otros, 2010); (Tian, Wang, Mu, Kang, & Wang, 2015).

Evaluación de bentonitas locales.

Se encontraron diez publicaciones realizadas desde países que han evaluado la capacidad de adsorción de tierras de blanqueo de sus yacimientos locales para la sustitución de arcillas importadas en el proceso de blanqueo del aceite vegetal,

por ejemplo, las arcillas bentonitas de la región de Santa Elena en Ecuador activadas con ácido dieron buena respuesta en la decoloración del aceite vegetal de soya, específicamente en la remoción de betacarotenos y clorofila (Morales Carrera, Varajá, Goncalves, & Stachissini, 2009); la montmorillonita uruguayana activada con ácido es efectiva en el blanqueo del aceite de maíz. (Sergio, Pagano, Montenegro, Diano, & Grompone, 1998); las bentonitas argentinas activadas con ácido han demostrado su efectividad en el blanqueo de aceite de soya (Foletto, Paz, & Gündel, 2013). Ensayos similares han realizado Brasil (Valenzuela Dias & Santos, 2001); Turquía (Serife, Hayrettin, & Murat, 2010) y Zambia (Habibe, Barlow, & Hole, 1992).

En la optimización de parámetros de blanqueo en el aceite de soya, se ha evaluado la temperatura, tiempo y concentración de la arcilla en el proceso de blanqueo con la idea de mejorar los resultados de remoción de componentes indeseables en el aceite y minimizar el uso de la arcilla de blanqueo. Se está profundizando en entender el mecanismo físico químico del proceso de retención de pigmentos del aceite vegetal estudiando parámetros como el tamaño, distribución de poros y área

superficial del material utilizado como adsorbente para determinar su influencia en la retención de pigmentos del aceite (Huang, Liu, Liu, & Wang, 2007); (Liu, Huang, & Wang, 2008); (Ortega-García, Medina-Juárez, Gámez-Meza, & Noriega-Rodríguez, 2005); (Rossi, Gianazza, Alamprese, & Stanga, 2003); (Silva, y otros, Effect of Type of Bleaching Earth on the Final Color of Refined Palm Oil, 2014) (Silva, y otros, Adsorption of Carotenes and Phosphorus from Palm Oil Onto Acid Activate Bleaching Earth: Equilibrium, Kinetics an Thermodynamics, 2013) y (Skevin, y otros, 2012).

Producción local de tierras de blanqueo.

Las tierras de blanqueo utilizadas por todas las empresas de refinación de aceite vegetal del país son de procedencia importada, por lo cual se debería evaluar la viabilidad de producirlas a partir de arcillas locales, siguiendo la tendencia mundial de utilizar arcillas del grupo de las palygorskitas y esmectitas en el blanqueo de aceite vegetal.

La información de yacimientos de arcillas blancas en Venezuela es muy escasa, no se conoce ubicación tamaño ni características de yacimientos. El geólogo Simón Rodríguez afirma que, en

la zona norte del país en los alrededores de la cordillera de la Costa, en los estados Lara, Falcón, Aragua y Guárico, existen importantes reservas de arcillas blancas y diatomitas (Rodríguez, 2000) De ahí la importancia de conocer las características y propiedades fisicoquímicas de los yacimientos locales de bentonitas u otras tierras similares de blanqueo, para lo cual se plantea contactar a las escuelas de geología y química de las universidades nacionales y desarrollar líneas de investigación en cuantificación y caracterización de yacimientos de arcillas blancas que puedan ser utilizadas en el blanqueo de aceite vegetal.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La tendencia mundial en producción de tierras de blanqueo para la refinación de aceite vegetal es a partir de arcillas de origen natural del grupo de las palygorskitas: bentonita cálcica, atapulgita, hormita y de las esmectitas: montmorillonita y hectorita.

Se recomiendan arcillas con una composición de óxido de silicio SiO_2 entre 65 y 75 % p/p; de óxido de aluminio Al_2O_3 , entre 2 y 3 % p/p de óxido de calcio CaO ; óxido de magnesio

MgO preferiblemente menor al 3% p/p y óxido de hierro Fe_2O_3 menor al 3% p/p.

Se puede producir una tierra de blanqueo con alta actividad decolorante, eficacia de filtración y de retención del aceite al seleccionar arcillas con una superficie específica de 190 a 230 m^2/g y un volumen de poro total del 0,5 a 0,7 ml/g en el que al menos el 60 % del volumen de poro total está proporcionado por poros que tienen un diámetro de al menos 140 Å y menos del 20 % del volumen de poro total está formado por poros que tienen un diámetro mayor de 800 Å.

En términos del proceso de producción de tierras de blanqueo, la tendencia es disminuir la cantidad de ácido requerido para la activación de la arcilla, para minimizar costos de preparación e impacto ambiental de aguas contaminadas con ácidos.

En Venezuela, se plantea el desarrollo de líneas de investigación a escuelas de geología, minas, química e ingeniería química de universidades nacionales con la finalidad de determinar la cantidad y evaluar la calidad de arcillas locales que puedan ser utilizadas en la producción de tierras de blanqueo para refinación del aceite vegetal.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

- Acquah, C., Yon, L., Tuah, Z., Ngee, N., & Danquah, M. (2016). Synthesis and Performance Analysis of Oil Palm Ash (OPA) Based Adsorbent as a Palm Oil Bleaching Material. *Journal of Cleaner Production*, 136(15), 1098-1104.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.004>
- Alimentación y Nutrición. (1997). *Elaboración y Refinado de Aceites Comestibles. Grasas y aceites en la nutrición humana*. FAO/OMS.
- Brooks, D., Hansen, D., & Shaked, D. (1 de Junio de 1999). *Unite States Patent*. Obtenido de <https://patentimages.storage.googleapis.com/4d/aa/2f/fd9568213703cc/US5908500.pdf>
- Domínguez, J., & Shifter, I. (1992). *Las Arcillas: El Barro Noble*. Recuperado el 25 de Julio de 2018, de <http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/109/html/arcillas.html>
- Foletto, E. L., Paz, D. S., & Gündel, A. (2013). Acid-activation Assisted by Microwave of a Brazilian Bentonite and Its Activity in the Bleaching of Soybean Oil. *Applied Clay Science*, 83 - 84, 63 - 67.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.017>
- Geissler, B., Friedrich, R., CEBI, H., & Besting, H. (03 de Septiembre de 2015). *Google Patents*. Obtenido de <https://patents.google.com/patent/WO2015128273A1/en>
- Gunawan, N., Indraswati, N., Ju, Y.-H., Soetaredjo, F., Ayucitra, A., & Ismadji, S. (2010). Bentonites Modified with Anionic and Cationic Surfactants for Bleaching of Crude Palm Oil. *Applied Clay Science*, 47(3 - 4), 462 - 464.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.clay.2009.11.037>
- Habile, M., Barlow, P. J., & Hole, M. (1992). Adsorptive Bleaching of Soybean Oil with Non-montmorillonite Zambian Clays. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69(4), 379 - 383.
doi:<https://doi.org/10.1007/BF02636072>

- Huang, J., Liu, Y., Liu, Y., & Wang, X. (2007). Effect of Attapulгите Pore Size Distribution on Soybean Oil Bleaching. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(7), 297 - 692. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-007-1094-9>
- Liu, Y., Huang, J., & Wang, X. (2008). Adsorption Isotherms for Bleaching Soybean Oil with Activated Attapulгите. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(10), 979 - 984. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-008-1278-y>
- Morales Carrera, A., Varajá, A., Goncalves, M. A., & Stachissini, A. (2009). Argilas Bentoníticas da Península de Santa Elena, Ecuador: Pilarização, Ativação Ácida e Seu Uso Como Descolorante de óleo de Soja. *Química Nova*, 32(9), 2287 - 2293.
- Ortega-García, J., Medina-Juárez, L., Gámez-Meza, N., & Noriega-Rodríguez, J. A. (2005). Optimisation of Bleaching Conditions for Soybean Oil Using Response Surface Methodology. *Food Science and Technology International*, 11(6), 443 - 449. doi:<https://doi.org/10.1177/1082013205060677>
- Ortiz Niembro, J., Germán, S., Thomassiny Villaurrutia, E., & Friedrich, R. (15 de Mayo de 2008). *WIPO*. Obtenido de PANTENTSCOPE: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2008055675&tab=PCTBIBLIO&maxRec=1000>
- Rodas, M. (2018). *Filosilicatos-3. Esmectiras Vermiculinas*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Rodríguez, S. (2000). *Rocas y Minerales Industriales de Venezuela. En Rocas y Minerales industriales Iberoamerica*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., & Stanga, F. (2003). The Role of Bleaching Clays and Synthetic Silica in Palm Oil Physical Refining. *Food Chemistry*, 82(2), 291 - 296. doi:[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00551-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00551-4)
- Sergio, M., Pagano, T., Montenegro, A., Diano, W., & Grompone, M. A.

- (1998). Empleo de Arcillas Uruguayas Pilareadas para el Blanqueo de Aceite de Maiz. *Grasas y Aceites*, 49(1), 50 - 54.
- Serife, S., Hayrettin, Y., & Murat, K. (2010). Acid Activation and Bleaching Performance of Turkish (Somas) Bentonite in Crude Soybean Oil. *Particulate Science and Technology*, 28(4), 298 - 308.
doi:<https://doi.org/10.1080/02726351.2010.496296>
- Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., & Meirelles, A. J. (2013). Adsorption of Carotenes and Phosphorus from Palm Oil Onto Acid Activate Bleaching Earth: Equilibrium, Kinetics and Thermodynamics. *Journal of Food Engineering*, 118, 341 - 349.
- Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., De Greyt, W., & Meirelles, A. J. (2014). Effect of Type of Bleaching Earth on the Final Color of Refined Palm Oil. *LWT - Food Science and Technology*, 59(2), 1259 - 1264.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.028>
- Skevin, D., Domijan, T., Kraljic, K., Gajdos Kljusuric, J., Nederal, S., & Obranic, M. (2012). Optimization of Bleaching Parameters for Soybean Oil. *Food Technology and Biotechnology*, 50(2), 199 - 207.
- Tian, G., Wang, E., Mu, B., Kang, Y., & Wang, A. (2015). Facile Fabrication of Carbon/attapulgit Composite for Bleaching of Palm Oil. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 50, 252 - 258.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.12.021>
- Valenzuela Dias, F. R., & Santos, P. d. (2001). Studies on the acid activation of Brazilian smectitic clays. *Química Nova*, 24(3), 345 - 353.
doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422001000300011>