PROCESO DE REUTILIZACIÓN DE TIERRAS DE BLANQUEO EN LA REFINACIÓN DE ACEITES CRUDOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se enmarca en el campo de los procesos de producción de biodiesel y tratamiento de aceites de origen vegetal o animal. Más específicamente, se refiere a un proceso innovador que utiliza tierras de blanqueo gastadas (SBE), generadas durante la etapa de refinación del biodiesel, como un componente activo en la refinación de aceites crudos. Este proceso permite la reutilización eficiente de las tierras de blanqueo en etapas clave del tratamiento y purificación de aceites vegetales o animales, mejorando tanto la eficiencia operativa como la sostenibilidad del proceso de producción de biodiesel, mediante la reutilización de tierras de blanqueo gastadas, la reducción de residuos y la optimización del consumo de insumos en la etapa de refinación del aceite.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

La tierra de blanqueo gastada (SBE) es un subproducto generado en la refinación de aceites vegetales, cuya reutilización presenta actualmente limitadas alternativas efectivas, lo que constituye un desafío tanto económico como ambiental. Con una producción mundial de aceites vegetales que alcanza aproximadamente 200 millones de toneladas anuales, se estima que se generan alrededor de 2 millones de toneladas de SBE cada año, dado que se producen en promedio 10 kg de SBE por cada tonelada de aceite crudo procesado. Este subproducto se concentra principalmente en países como China, India, Estados Unidos, Indonesia y Brasil. En la mayoría de los casos, la práctica común es disponer la SBE en vertederos tras la extracción del aceite residual, lo cual implica costos considerables para las empresas y un uso ineficiente de un subproducto con potencial de valorización.

La SBE contiene entre un 20% y 45% de aceite residual, lo que puede llevar a una rápida oxidación y, en algunos casos, a la ignición espontánea. Diversos procesos han sido utilizados para recuperar el aceite impregnado en las SBE y regenerar las tierras, como la extracción con solventes y la pirólisis, que permiten su reutilización en aplicaciones como tratamiento de aguas residuales, producción de biocombustibles, biofertilizantes y materiales de construcción.

En la refinación de aceites vegetales, el blanqueo es una etapa crítica para eliminar impurezas como jabones, metales pesados y compuestos de fósforo. El proceso implica el uso de tierras adsorbentes, compuestas principalmente por arcillas naturales, como las esmectitas (montmorillonita, nontronita, hectorita y saponita) y las palygorskitas (atapulgita y sepiolita), que son activadas químicamente con ácidos minerales. Así también, pueden usarse tierras diatomeas naturales activadas, materiales sintéticos como la sílice micronizado amorfa, entre otros materiales.

La capacidad de adsorción de las tierras blanqueadoras depende de su estructura y propiedades mineralógicas, como el área superficial, la distribución del tamaño de partícula, porosidad, acidez de la superficie, capacidad de hidratación e hinchamiento y área superficial químicamente activa. De las esmectitas, las montmorillonitas son las más

utilizadas en el blanqueamiento de aceites vegetales debido a su elevada avidez por el agua y las moléculas orgánicas, su capacidad de adsorción es de 2 a 7 veces su volumen. Las propiedades químicas y físicas de la montmorillonita varían, dependiendo de la naturaleza del catión saturante, el origen de la arcilla y los tratamientos físicos o químicos.

En la producción de biodiesel, la refinación del aceite crudo y la limpieza del biodiesel son etapas críticas para asegurar la calidad del producto final. Tradicionalmente, las tierras de blanqueo, compuestas de arcillas se utilizan para eliminar impurezas como fosfolípidos, carotenos, clorofila, metales traza y productos de oxidación del aceite crudo. Adicionalmente, en la etapa final de limpieza del biodiesel, las tierras de blanqueo ayudan a cumplir con la especificación de Cold Soak Filtration Test (CSFT) al eliminar esterolglucósidos y otros contaminantes que pueden causar turbidez y precipitación de sólidos en el biodiesel durante su almacenamiento.

El biodiésel se identifica, según la ASTM, como ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de una materia prima lipídica renovable. Estos lípidos pueden ser aceite vegetal o grasa animal. "Diesel" se refiere a su utilización en motores diesel y "Bio" significa su fuente biológica. Como alternativa, el biodiésel podría utilizarse en forma perspicua o junto con el diesel de origen petroquímico. El biodiesel es un combustible con menores emisiones de monóxido de carbono (CO), material particulado y menos hidrocarburos sin quemar que el diesel de origen petroquímico. Sus emisiones de CO_2 pueden ser recicladas por la fotosíntesis, disminuyendo así su impacto en el efecto invernadero. El biodiésel es menos volátil y más seguro de manipular que el diésel de petróleo (su punto de inflamación es de 150 °C). Tiene una lubricidad que puede reducir el desgaste del motor y prolongar su vida útil. Estos beneficios lo convierten en una alternativa viable al combustible de petróleo, y se está utilizando en varios países que están preocupados por el medio ambiente.

La forma más habitual de generar biodiésel es mediante la transesterificación, que es una reacción catalizada entre el aceite vegetal y el alcohol para producir ésteres de alquilo de ácidos grasos (biodiesel) y glicerol. El principal constituyente de los aceites vegetales, los triglicéridos, son moléculas compuestas por tres ácidos grasos de cadena larga esterificados en una columna vertebral de glicerol. Cuando los triglicéridos reaccionan con un alcohol (metanol), estas cadenas de ácidos grasos se liberan de la estructura de glicerol y se combinan con el alcohol, produciendo ésteres de alquilo de ácidos grasos y glicerol como subproducto. El metanol es el alcohol más utilizado debido a su bajo precio. Por lo general, se utilizan grandes cantidades de metanol para desplazar el equilibrio de la reacción de transesterificación hacia los productos. Las reacciones de transesterificación pueden ser catalizadas por ácidos, álcalis o enzimas.

El vertido de la SBE sin tratamiento no solo conlleva pérdidas económicas, debido al aceite impregnado y los costos de disposición final, sino que también representa un riesgo ambiental significativo. En consecuencia, es fundamental desarrollar nuevos métodos rentables de eliminación y uso de SBE para garantizar la viabilidad a largo plazo del ecosistema. Debido a su disponibilidad, bajo costo y características físicas y químicas, como alta capacidad de intercambio iónico, alta área de superficie y estabilidad química y mecánica, la SBE tiene potencial de ser utilizada en aplicaciones industriales como la producción de biodiesel a partir del aceite impregnado, biofertilizantes, materiales de construcción y tratamiento de aguas residuales. Las refinerías integradas de aceites

comestibles y plantas de producción de biodiesel podrían beneficiarse de métodos rentables para la recuperación del aceite residual en la SBE y su reutilización, mejorando la sostenibilidad del proceso y reduciendo la generación de residuos.

La solicitud de patente **EP0529555A1** describe un procedimiento para la regeneración de tierras de blanqueo gastadas (SBE) mediante un tratamiento térmico oxidativo. También propone la utilización de mezclas de tierras blanqueadoras que contienen SBE regenerada para blanquear aceites glicéridos. Según esta patente, la SBE es un subproducto del procesamiento de aceites comestibles y está compuesta por un 60 % en peso de material inorgánico, un 36 % en peso de materia orgánica y un 4 % en peso de humedad. Antes de la regeneración, la tierra gastada puede someterse a un tratamiento previo, como la extracción con disolventes no polares para recuperar la mayor parte del aceite de triglicéridos presente, el tratamiento con agua para recuperar parte del aceite restante y/o un proceso de pirólisis. La tierra de blanqueo regenerada obtenida a través de este proceso conserva casi el mismo poder blanqueador que la tierra fresca en ciertas aplicaciones.

La solicitud de patente **US6780321B2** describe un proceso para recuperar aceites residuales de tierras de blanqueo usadas mediante la extracción con solventes como tolueno, acetona o hexano, seguido de la separación de sólidos y líquidos. El objetivo principal es la recuperación de aceite residual para su uso posterior. El proceso consiste en poner en contacto la SBE con uno de los solventes a temperaturas entre 35 °C a 50 °C para formar una suspensión, separar el líquido del sólido, extraer el aceite de la corriente líquida y someter nuevamente a la corriente sólida a contacto con solvente para extraer el aceite remanente.

Por otro lado, la solicitud de patente **US4535065A** describe un método para la regeneración de un agente adsorbente en polvo húmedo utilizando un sistema de lecho fluidizado. El proceso comienza con la alimentación del agente adsorbente, cargado de humedad, en la parte inferior de un lecho fluidizado, el cual contiene un material de aireación y un portador de calor. Durante el proceso, el agente adsorbente se mueve hacia arriba a través del lecho fluidizado mientras se somete a un secado simultáneo. Una vez que el agente ha pasado a través del lecho, es retirado junto con el gas vórtice generado en el lecho fluidizado. A continuación, el agente adsorbente es separado del gas en un separador ciclónico y se alimenta a un segundo lecho fluidizado, donde se le aplica aireación adicional y se usa otro material portador de calor para regenerarlo. En esta etapa, el agente adsorbente se regenera completamente mientras continúa moviéndose hacia arriba a través del material portador de calor. Finalmente, el agente regenerado es descargado junto con el gas vórtice del segundo lecho fluidizado. Un aspecto clave de esta patente es que los gases de vórtice extraídos del proceso pueden ser reutilizados en la generación de gas de mezcla durante la operación del lecho fluidizado. El método descrito es especialmente útil cuando el agente adsorbente se mezcla con materiales húmedos, como los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales, que pueden ser gasificados junto con el agente adsorbente durante la regeneración.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Figura 1. Corresponde a un diagrama del proceso de reutilización de tierras gastadas en el proceso de blanqueo de aceite crudo de palma, de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un nuevo adsorbente basado en tierra blanqueadora gastada (SBE) y su uso en la purificación y filtración de aceite de modo que se superen las deficiencias de los enfoques del estado de la técnica. El proceso propuesto utiliza tierra de blanqueo gastada (SBE) proveniente de la etapa de filtración en frío del biodiesel, donde la SBE contiene biodiesel impregnado. En lugar de desechar la SBE, se reutiliza en la etapa de blanqueo de la refinación del aceite crudo destinado a la producción de biodiesel. Durante el proceso de blanqueo, el biodiesel adsorbido en la SBE se transfiere al aceite crudo, y este biodiesel, junto con los ácidos grasos libres, se recupera en la etapa final de desodorización. Este enfoque reduce el uso de tierra de blanqueo fresca, mejorando la sostenibilidad del proceso al minimizar el desperdicio de biodiesel y la generación de residuos.

En particular, la presente invención ofrece un enfoque circular más sostenible y resuelve los problemas de disposición final de la SBE, al utilizarla sola o en una mezcla con tierra blanqueadora virgen (VBE) para la refinación de los aceites crudos. Así mismo, mejora los costos operativos y la huella ambiental al reducir la cantidad de tierra blanqueadora fresca necesaria para producir un producto terminado, la pérdida de aceite impregnado en la tierra de blanqueo y el impacto ambiental por los tratamientos requeridos para su disposición final.

Los materiales adsorbentes que normalmente se utilizan para blanquear los aceites crudos incluyen, tierras diatomeas naturales, arcillas naturales o activadas por ácidos minerales y orgánicos o por otros tratamientos fisicoquímicos que modifican su superficie, materiales adsorbentes sintéticos como silicatos amorfos micronizados, silicatos magnesio, entre otros materiales. La selección del adsorbente más adecuado depende de las características del aceite crudo a tratar y las especificaciones de calidad requeridas para el producto final.

PROCESO

La Figura 1 muestra una modalidad del proceso de reutilización de tierras de blanqueo, el cual inicia con la recepción de las tierras usadas generadas en la etapa de limpieza de biodiesel, las cuales aún conservan capacidad de adsorción y pueden ser reutilizadas en la etapa de blanqueo del proceso de refinación de aceites crudos. El sistema de recepción puede estar compuesto por un contenedor adecuado para recolectar, almacenar y manejar la tierra usada, el cual puede incluir un sistema de vibración, u otro dispositivo mecánico o físico que evite la aglomeración de las tierras. Posteriormente, la tierra usada (SBE) es alimentada directamente a la unidad de blanqueo, o transportada a un recipiente de

preparación de una suspensión, mediante equipos apropiados, tales como bombas, polipastos, tornillos sin fin u otro sistema de transporte. En este recipiente, la SBE se mezcla con una corriente de aceite crudo o blanqueado, el cual puede ser de origen vegetal o animal, dependiendo de la materia prima procesada. El recipiente de mezcla puede estar equipado con un sistema de agitación y, opcionalmente, un sistema de calentamiento y recirculación para asegurar la correcta homogenización y atemperado de la suspensión.

Una vez preparada la suspensión o mezcla de SBE y aceite, esta es transferida a través de un sistema de dosificación hacia el recipiente de blanqueo, donde la suspensión de tierra usada entra en contacto con el aceite crudo, una solución de un agente quelante, y opcionalmente, una cantidad adicional de tierra de blanqueo fresca y/o ayuda filtrante. Una parte del aceite blanqueado resultante de la separación de la SBE puede recircularse parcialmente al recipiente de preparación de la suspensión, mientras que el resto del aceite blanqueado es enviado a la siguiente etapa de desodorización (Figura 1).

Las principales unidades que hacen parte del sistema de reutilización de SBE, incluyen, pero sin limitarse a:

1. Unidad de recepción: Unidad donde se almacena la tierra usada proveniente de la etapa de limpieza del Biodiesel.

2. Unidad de transporte: Mecanismo de transporte que permite llevar la tierra usada desde la unidad de recepción hasta la unidad de preparación.

3. Unidad de preparación de la suspensión: En esta unidad se realiza la mezcla de la tierra usada con aceite crudo o aceite blanqueado bajo agitación para formar la suspensión de SBE.

4. Unidad de dosificación: Esa unidad es la encargada de dosificar la cantidad de suspensión de SBE necesaria para ser mezclada con tierra fresca y aceite crudo, en la unidad de blanqueo.

EJEMPLOS DE IMPLEMENTACIÓN

Ejemplo 1: En un ensayo de laboratorio, se evaluó la SBE (mezcla de bentonita y perlita expandida) junto con arcilla fresca en la reducción de fósforo en aceite de crudo de palma. Los resultados mostraron una eficiencia comparable a la tierra fresca, con reducciones significativas de fósforo.

Relación Tierra fresca / SBE	Concentración Fósforo (ppm)	
	Aceite crudo de palma	Aceite blanqueado
100:00	9.1	0.44
75:25	9.1	0.27
50:50	9.1	0.59
25:75	9.1	2.53
00:100	9.1	2.32

Ejemplo 2: En un seguimiento al desempeño de la reutilización de tierras gastadas (Arcilla natural Bentonita + perlita expandida) en diferentes proporciones, en el ciclo de filtración en la etapa de refinación de aceite crudo con una concentración de 9,1 ppm de fósforo, se observó que aún con un 100% de sustitución de VBE por SBE se lograron valores de fósforo en concentración inferior a 2 ppm. Así mismo, la cantidad de aceite impregnado en la tierra mostró un leve incremento al utilizar un 100 % de SBE comparado con el uso del 25 % en mezcla con tierra fresca.

Filtro	% SBE	Fósforo Producto (ppm)	Impregnación de aceite (%)	Humedad (%)
Filtro 1	25%	0,31	28,4	2,45
Filtro 2	25%	0,25	28,4	2,45
Filtro 1	50%	0,83	32,6	1,46
Filtro 2	50%	0,44	32,6	1,46
Filtro 1	100%	2,49	31,6	2,26
Filtro 2	100%	1,16	31,6	2,26

El proceso innovador descrito en esta solicitud ofrece una solución eficiente y sostenible para la producción de biodiesel, optimizando la reutilización de tierras de blanqueo usadas provenientes de la limpieza del Biodiesel, mejorando tanto la economía como la ecología del proceso.

La presente invención y los ejemplos que la acompañan no pretenden limitar el objeto ni el alcance de la invención y solo se presentan algunas modalidades preferidas las cuales pueden ser modificadas sin alejarse del espíritu de la invención. El alcance y objeto que se desea proteger mediante la presente solicitud se ha definido y delimitado adecuadamente en el capítulo reivindicatorio adjunto.