

PROCESO DE TRATAMIENTO DE VINAZA PARA GENERACIÓN DE PRODUCTO NO CONTAMINANTE CON PROPIEDADES NUTRITIVAS Y DESINFECTANTES DEL SUELO Y LA PLANTA

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

El presente desarrollo se relaciona con un procedimiento de tratamiento de vinaza de caña de azúcar u otros tipos de vinaza, de tal forma que resulte un producto no contaminante que pueda ser aprovechable en la industria agroquímica. Dicho proceso emplea una combinación de procesos mecánicos, químicos y microbiológicos para obtener fertilizantes y/o acondicionadores de suelos inteligentes que nutran, desinfecten y den resistencia a plagas y enfermedades en diferentes cultivos.

OBJETO DE LA INVENCION

La invención comprende un proceso por el cual se obtiene un fertilizante y/o un acondicionador de suelos que solucione las diferentes problemáticas asociadas al tratamiento y disposición de vinazas. El resultado del desarrollo es la transformación de un problema medioambiental en un proceso ecológico y sostenible para obtener un producto con valor diferencial, aprovechando la composición original de la vinaza.

ESTADO DE LA TÉCNICA

La vinaza es un sub-producto líquido obtenido a partir de la destilación del mosto en los procesos de fermentación de etanol, principalmente a partir del proceso de fabricación de alcoholes provenientes de la caña de azúcar que corresponden a residuos de fermentación y destilación de mieles de caña.

La vinaza de caña de azúcar es un desecho ácido (pH entre 3 y 4), con un elevado contenido de materia orgánica disuelta y con un nivel de materia inorgánica superior al de otras vinazas procedentes de cereales o levaduras; razón por la cual, la vinaza de caña de azúcar es un gran contaminante el cual se está convirtiendo progresivamente en un problema determinante en todas las industrias procesadoras de alcoholes.



Aproximadamente, se generan entre 15-20 litros de vinaza por cada litro de alcohol producido.

En general, las vinazas contienen un gran contenido de materia orgánica y nutrientes como nitrógeno, azufre y fósforo, así como una gran cantidad de potasio. Entre los compuestos orgánicos más importantes presentes en la vinaza, están los alcoholes, ácidos orgánicos y aldehídos. Además, también contienen compuestos fenólicos recalcitrantes, como las melanoidinas.

El problema con la vinaza como residuo de los procesos de obtención de etanol se da por los altos niveles de contaminación del suelo, agua y medio ambiente, pues sus características impiden su vertimiento directo a las fuentes de agua dada su elevada carga orgánica, sales minerales, altos valores en demanda química y biológica de oxígeno (DQO y DBO). La vinaza se destaca por su acción reductora que, por ser elevada, exige gran cantidad de oxígeno para descomposición de su materia orgánica, condición de alta nocividad cuando las vinazas son depositadas directamente en los cursos de agua.

Adicionalmente, las sales de potasio, calcio y magnesio que contienen estos desechos causan permanentemente problemas de incrustación en equipos de transferencia de calor que redundan en los elevados costos del proceso. Actualmente no existen procesos costo efectivos que transformen este derivado en un producto inocuo con el medio ambiente y así mismo no se genera aprovechamiento comercial eficiente del mismo.

En camino a solucionar este problema, se encuentran varios procesos que tienen como objeto común tratar la vinaza de caña de azúcar para disminuir su nivel de contaminación ambiental, y en la medida de lo posible, hacer uso de ella en diferentes industrias, principalmente la agroquímica.

Se presentan entonces, diferentes procesos que comprenden por ejemplo una metanización seguida de ósmosis inversa, el cual tiene un elevado costo de operación, e involucra procesos de compostaje, en los que se requiere disponer amplias superficies



de operación, manifestando la ocurrencia de problemas de mantenimiento tales como la presencia de microorganismos y la generación de malos olores.

Por otro lado, en el estado de la técnica se describen métodos de electrofloculación, oxidación y/o sacarificación, entre otros métodos electroquímicos como la electrodiálisis para el tratamiento o aprovechamiento de las vinazas. Estos métodos resultan ineficientes puesto que son costosos y generan un amplio esfuerzo estratégico para su ejecución, debido a que requieren del uso de equipos ampliamente especializados. Dichos procesos no permiten el aprovechamiento adecuado de los subproductos obtenidos en procesos de producción agrícola.

Se describen también procesos para desarrollar la vinaza de caña de azúcar que comprenden operaciones de mezcla con otros productos, con el objeto de producir fertilizantes sólidos. Con base en estos procesos existen en la actualidad diversos productos derivados del tratamiento de la vinaza y que se comercializan como fertilizantes. Sin embargo, dichos fertilizantes no resultan lo suficientemente eficientes. Tampoco se logra, a partir de estos métodos la obtención de productos que no cuenten con una función limitada como fertilizantes.

Por ejemplo, la patente CN101606471 se refiere a un medio de siembra hecho de lodos de vinaza-metano y un método de preparación de los mismos, que busca no sólo resolver el problema de la contaminación ambiental causada por los lodos de vinaza-metano, sino también utilizarlos eficazmente. El medio de siembra comprende lodo fresco, diferentes materiales accesorios, una cepa de fermentación I y una cepa de fermentación II. El método de preparación comprende las etapas de preparación del lodo fresco, la deshidratación, la adición de la cepa fermento I para la fermentación, la adición de la cepa fermento II para la fermentación secundaria, secado al aire, la adición de accesorios, trituración, cribado y envasado. Aunque dicho desarrollo pretende un objetivo similar a la invención, la metodología propuesta no comprende una etapa inicial adecuada que permita la estabilización de la mezcla y por ende las etapas posteriores resultan ineficientes, de tal manera que el proceso descrito resulta menos eficaz en la descomposición de la materia orgánica, y la disminución las demandas de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y el aumento



del pH. Así mismo, no permite la obtención de subproductos de uso en la industria agrícola como los descritos por la invención.

Por su parte, la patente inglesa GB2066038 se relaciona con la preparación de un suplemento vitamínico/proteínico, particularmente adecuado para uso en alimento de animales, a partir de la reacción de una suspensión de *Torula* o *Candida utilis* con licor de caña ("cachaza"). La suspensión descrita en este documento puede ser preparada fermentando dicha cepa en vinaza en presencia de amonio y sales de fosfato. Adicionalmente, pueden incorporarse granos de cereal y microorganismos como *lactobacillus*. Aunque este proceso describe un método para el aprovechamiento de la vinaza, resulta muy específico para la producción de un único producto, de naturaleza suplementaria en el alimento de animales, por lo cual no puede ser aprovechado ventajosamente en el sector agrícola.

Finalmente, la patente CN104844343 se refiere a un fertilizante orgánico ecológico y un método de preparación del mismo, en donde el método comprende el procesamiento de un material de base y un material de nutrición del fertilizante orgánico ecológico, en donde el material base comprende turba, estiércol de aves de corral, heces de soja, salvado de trigo, polvo de alfalfa, torta de aceite, partes de rama de la caña de azúcar y la vinaza; y el material de alimentación comprende material compuesto bacteriano, urea, polvo de mineral de potasio, fosfato de roca suelo, cloruro de calcio, sulfato de magnesio, potasa natural, polvo de vermiculita, caolín, cal apagada, bórax, tripolifosfato de sodio, un agente de acoplamiento de silano KH550, selenito de sodio, sulfato de zinc blanco, sulfato ferroso y una cantidad adecuada de agua. El método en esencia comprende la preparación del material base, la preparación del material de la nutrición, la realización de espuma, el secado y la granulación del producto final. Aunque este procedimiento resulta en esencia simple y fácil de popularizar, requiere el empleo de diversas materias primas, resultando un producto con una composición específica y limitado para la producción de un único tipo de fertilizante.

Como puede observarse, en el estado de la técnica se presentan diferentes métodos para el tratamiento de vinazas y la reducción del DQO y DBO de las mismas, los cuales no logran superar las ventajas ofrecidas por el proceso desarrollado en la presente



invención en términos de eficiencia, costo-efectividad y en la consecución de diferentes productos que se acoplen a las necesidades de la industria agroquímica.

La presente invención describe un proceso mecánico que no solo supera las desventajas de los procesos fisicoquímicos descritos en el estado de la técnica, al fundamentarse en un proceso mecánico inicial de agitación y aireación que le proporciona estabilidad microbiológica; sino que adicionalmente supera los procesos mecánicos anteriormente descritos al incluir etapas de incorporación de componentes químicos y microbiológicos.

Mediante este proceso la invención permite, de una manera integral, reducir la demanda química y biológica de la vinaza hasta en un 80 a 90 % y un lograr pH entre 6 y 9 de tal forma que este pueda, no solo ser tratado como residuo no contaminante, sino también aprovechado como producto agroindustrial, principalmente en forma de acondicionador de suelos y/o fertilizante, a partir de la incorporación de diferentes sustancias y microorganismos que potencian sus beneficios en la industria.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Para lograr un producto que proporcione las ventajas anteriormente descritas, se presenta un proceso de producción que comprende una etapa mecánica de agitación e incorporación de oxígeno, así como etapas químicas y microbiológicas asociadas a la incorporación de sales minerales, microorganismos seleccionados y elementos nutritivos que contribuyen al aprovechamiento de la vinaza en el sector agroindustrial.

La primera etapa mecánica, se desarrolla con el objetivo de lograr el equilibrio de la fase anaeróbica y aeróbica a partir de la descomposición de la materia orgánica, la disminución las demandas de DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno) y el aumento del pH.

De manera preferente la agitación se hace a una velocidad entre 10 y 60 rpm. Por su parte, la incorporación de aire que se inicia con un flujo de 20 - 60 litros/minuto/m³ que se mantiene durante la totalidad del proceso descrito anteriormente de forma uniforme y constante en toda la mezcla.



Una vez logrado el equilibrio entre la etapa aeróbica o anaeróbica se procede a la adición de un corrector de pH que lo ubique en los valores deseables entre 5 y 10. Luego de la investigación llevada a cabo por el inventor, encontró de manera sorprendente que dentro de los aditivos a incorporar el silicato de magnesio resulta particularmente efectivo para neutralizar la acidez por aluminio, hierro y manganeso, que además crea un producto resiliente que le proporciona al suelo y a las plantas resistencia frente a plagas y enfermedades.

De manera preferente el silicato de magnesio está compuesto por Oxido de silicio en una proporción entre el 20 y 40% y óxido de magnesio en una proporción entre 20 y 40%.

El silicato de magnesio se incorpora en la solución en una proporción entre el 20 y el 30% del volumen total de vinaza.

En una etapa posterior, se adiciona a la solución materia orgánica oxidada en una proporción entre el 20 y 30% de la solución. La materia orgánica oxidada puede ser seleccionada inventivamente entre LombriCompuesto, Gallinaza Compostada, Cachaza Compostada, Lodos, extractos húmicos y/o combinaciones entre las mismas. La adición de materia orgánica a la composición permite mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del material, considerando que su incorporación conlleva a la desodorización, metabolización y humificación de la mezcla, de tal forma que le confiera condiciones tales que cuando se suministre al suelo forme vitaminas, hormonas y enzimas, que contribuyen al crecimiento y sanidad de las plantas.

De manera general, se entiende que Las proporciones propuestas por el inventor obedecen a la investigación que ha llevado a cabo, encontrando de manera sorprendente que las mismas llevan a las ventajas señaladas de la composición obtenida por el método descrito tales como la neutralización de acidez y la reducción de la demanda química y biológica de oxígeno, condiciones que hacen de la vinaza un producto altamente contaminante del suelo, el agua y el medio ambiente.

La selección de materia orgánica oxidada puede incluir entre uno o más componentes dentro de los descritos anteriormente sin que se alteren eficacia del proceso. La selección



de dichos componentes puede realizarse de manera exclusiva para solo uno de los componentes descritos o como la combinación de dos a más de los componentes mencionados.

La incorporación de dicha materia orgánica puede realizarse de manera diluida o concentrada, en un tiempo no mayor de una hora, una vez la mezcla esté a una temperatura entre 20 y 40 grados centígrados.

Luego de lo anterior se agregan a la composición resultante, cepas de microorganismos eficientes, ventajosamente seleccionados entre bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, enzimas, algas, líquenes, caldos microbiales y/o combinaciones de uno o más de estos microorganismos.

De manera particular, el inóculo de microorganismos eficientes puede incluir preferiblemente, pero no limitado a, un inóculo de bacterias fotosintéticas de los géneros *Azotobacter* y *Azospirillum*. El inóculo de microorganismos eficientes puede incluir preferiblemente, pero no limitado a, un inóculo conformado por una combinación de bacterias fotosintéticas de las especies *Pseudomonas fluorescens*, *Azotobacter chroococcum* y *Azospirillum brasilense*, con un inóculo conformado por levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae* y bacterias ácido lácticas del género *Lactobacillus acidophilus*.

De manera general se plantea que dichos microorganismos se proporcionen a la composición en una proporción entre el 10 y 20% del volumen a tratar, con el objeto de desodorizar, metabolizar y lograr una perfecta humificación de los materiales orgánicos, de manera rápida, eficiente y económica.

Para las etapas anteriormente descritas se establece una duración aproximada entre 24 a 48 horas. En este intervalo de tiempo, se espera la consecución de diferentes resultados que determinan la eficiencia del proceso, por lo cual se debe realizar un muestreo de la composición a partir de las 12 horas, en el cual se deberá evaluar el incremento del pH y la reducción de las DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Biológica de Oxígeno). A partir de los resultados obtenidos del muestreo, se



podrá determinar la aptitud de la composición para utilizarse en la industria agroquímica como acondicionador de suelos o la necesidad de practicar una etapa adicional de incorporación de nutrientes, de tal forma que la composición pueda ser provechada en la industria como fertilizante.

En su investigación el inventor ha identificado que el proceso ha sido exitoso para su empleo como acondicionador, cuando se ha logrado un pH entre el rango de 6.5 - 9.5 y se ha logrado una reducción de DQO y DBO entre aproximadamente 80 y 90%.

Durante el tiempo de tratamiento se produce una reducción del volumen a partir de la producción de espuma que contiene entre otras cosas sulfuro de hidrogeno, arcillas, hierro, manganeso, metales pesados y solidos orgánicos, los cuales son expulsados por el proceso mecánico (agitación y aireación) en forma permanente de la composición durante todo el proceso.

En una etapa alterna al proceso, el material contaminante, que es continuamente separado de la composición como se describió anteriormente, puede ser mezclado con compost, preferentemente seleccionado entre lombricompuesto y/o gallinaza compostada y/o cachaza compostada y/o lodos y/o extractos húmicos, para que en un proceso de fermentación pierda su carácter contaminante, cerrando de esta forma el ciclo de contaminación.

El producto obtenido de esta mezcla podrá ser favorablemente aprovechado como elemento orgánico para uso en suelos.

Una vez separado el material contaminante y obtenido un producto en los rangos anteriormente establecidos, se procede a la agregación de una serie de microorganismos, útiles para el control de enfermedades tales como mildiu polvoso y lanoso, aquellas ocasionadas por *Rhizoctonia*, *Sclerotium*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Pyricularia* y *Alternaria* y otras enfermedades de naturaleza común en la industria agroquímica.



De manera ventajosa, pero no limitante, dichos microorganismos pueden ser seleccionados entre bacterias tales como *Pasteuria*, *Bacillus*, *Tsukamurella* y hongos tales como *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma spp* y *Pochnia Chlamydosporia*.

Posterior a este proceso se procede preferentemente al enriquecimiento de la solución con elementos nutritivos tales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, silicio, manganeso, hierro, cobre, zinc, boro y mezclas de ellos.

De manera preferente, pero no limitado a, y entendido dentro de las prácticas comunes de incorporación de nutrientes agrícolas, la incorporación de nitrógeno a la composición se hace a partir de sales de nitratos, amonio o urea; el fósforo se incorpora a partir de sales de fosfato; el calcio en forma de óxidos o carbonatos; el magnesio en forma de óxido; el hierro, el manganeso y el potasio en forma de nitratos, sulfatos, cloruros o silicatos; el azufre en su forma elemental, en forma de sulfatos o tiosulfatos; el boro partir de bórax, boratos o ácido bórico; y, el zinc y cobre como sulfatos. De igual manera, la adición de minerales selectos de acuerdo a la necesidad de cada nutriente puede complementar la etapa de enriquecimiento.

A partir de dicho enriquecimiento se obtiene un producto que no contamina ni el suelo, ni el agua, ni el medio ambiente y resulta útil para su uso en la agricultura convencional y/u orgánica.

La composición actualmente obtenida, podrá ser adecuadamente envasada, preferentemente en polietileno, para su distribución y comercialización.

Se debe entender que todos los intervalos numéricos en la presente descripción incluyen cada número entero dentro del intervalo, y otras modalidades pueden tener otras dimensiones; adicionalmente, otras modalidades pueden tener otras denominaciones comunes para los componentes previamente descritos.

Por consiguiente, las modalidades específicas descritas en la presente descripción deben entenderse como ejemplos y, por lo tanto, no limitan el alcance de esta.



Aunque las modalidades de la invención se describen en la presente descripción, se apreciará que numerosas modificaciones y otras modalidades pueden concebirse por aquellos expertos en la materia con posterioridad a la divulgación de la presente invención. Por ejemplo, las especificaciones para las diferentes etapas pueden usarse en otras modalidades. Por lo tanto, se entenderá que las reivindicaciones anexas pretenden cubrir todas las especificaciones del proceso modificadas y modalidades que están dentro del espíritu y alcance de la presente descripción.

